Die

naturgesetzlichen Grundlagen

des

Ackerbaues

nebst

deren Bedeutung für die Praxis.

Von

Dr. Emil Wolff,

der ökonomischen Societät zu Leipzig Chemiker und Ehrenmitgliede.

Erster Band.

Begründung und Entwickelung der Naturwissenschaft des Ackerbaues.

Leipzig,

Verlag von Otto Wigand.

1851.

Begründung und Entwickelung

der

Naturwissenschaft des Ackerbaues.

Von

Dr. Emil Wolff,

der ökonomischen Societät zu Leipzig Chemiker und Ehrenmitgliede.

Leipzig,

Verlag von Otto Wigand.

1851.

Dem

Freunde und Beförderer

wissenschaftlicher Bestrebungen auf dem Gebiete
der Landwirthschaft

Heinrich Wilhelm Lebrecht Crusius,

Dr. der Rechte,

auf Sahlis und Rüdigsdorf mit Neuhof rc.

als ein Zeichen aufrichtiger Hochachtung

gewidmet.

Vorwort.

Die früher beabsichtigte und in der Einleitung angedeutete Reihenfolge der in diesem Werke behandelten Gegenstände hat in sofern eine Aenderung erlitten, als die Lehre von der Erschöpfung des Bodens durch die Cultur und die Theorie der Wechselwirthschaft nicht schon dem vorliegenden ersten Bande beigegeben worden sind, sondern erst später im zweiten Bande Erwähnung finden sollen. Es erschien mir als zweckmäßig, diese Lehre den Schlußstein des ganzen speziellen Theiles der Naturwissenschaft des Ackerbaues bilden zu lassen, nachdem der Einfluß der Düngmittel auf die Quantität und Qualität der Ernten, sowie die Erscheinungen, welche bei der Cultur der ökonomischen Pflanzen uns entgegentreten, vollständig erörtert worden sind. Nach dieser Aenderung schließt sich in passender Weise der praktische Theil der Düngerlehre unmittelbar an den theoretischen an und außerdem wird es möglich, die Theorie der

Wechselwirthschaft mit wenigen Worten und gleichsam als ein unmittelbares Ergebniß aus dem Vorhergehenden darzustellen, während dieselbe nach der früheren Anordnung nicht mit der nöthigen Klarheit entwickelt werden konnte, ohne dem Inhalte des zweiten Bandes in vielen Dingen vorzugreifen.

Auf dem Societätsgute zu Möckern bei Leipzig,
am 6. Juli 1851.

Emil Wolff.

Einleitung.

„Eine Wissenschaft eigener Art, noch jung und mit allen Fehlern der Jugend behaftet, übersprudelnd in Lebensfülle, eines schönen und kräftigen Mannesalters gewiß, aber noch ungeordnet und unklar, viel noch Unverstandenes sammelnd für reifere Jahre und jetzt noch mehr träumend als denkend.“

M. J. Schleiden: Die Pflanze und ihr Leben, S. 10.

Diese Worte, in Bezug auf einen anderen Zweig der Naturwissenschaft gesprochen, mögen auch den vorliegenden Blättern als Motto dienen und den Standpunkt bezeichnen, welchen gegenwärtig noch die Wissenschaft des Ackerbaues einnimmt.

Auf der Grenze zwischen dem 18. und 19. Jahrhundert finden wir die ersten Anfänge eines Zweiges unseres Wissens, welcher vielleicht schon in naher Zukunft mächtig und segenbringend ins praktische Leben eingreifen wird. Theodor de Saussure betrat die vor ihm durch Sennebier, Ingenhouß u. A. erst wenig geebnete Bahn; ein ächter Naturforscher, mit reichem Geiste begabt, mit seltener Ausdauer sein Ziel verfolgend und namentlich für die Zeit, in welcher er vorzugsweise thätig war, mit bewundernswürdiger Gewandtheit in der Handhabung der analytischen Methoden ausgerüstet. Nach allen Richtungen hin suchte Saussure das Leben der Pflanze und die während desselben auftretenden Erscheinungen und thätigen Prozesse zu ergründen, seinen sorgfältigen Forschungen verdankt unsere Wissenschaft zahlreiche und wichtige Aufklärungen; von so großem Erfolge ist seine fast 50jährige ununterbrochene Thätigkeit gewesen, daß gleichzeitige Forscher die Resultate seiner Untersuchungen nur haben bestätigen können und selbst die neueste Zeit die Lebensfragen, welche die Ernährung der Pflanzen

Beginn agriculturchemischer Forschungen.

betreffen, im Wesentlichen ihrer Lösung nicht viel näher zu bringen im Stande gewesen ist, sondern nur im Einzelnen wenige Berichtigungen und einige interessante Thatsachen und Ideen zur Aufklärung des Vegetationsprozesses hinzuzufügen vermochte.

Die Vervollkommnung des Ackerbaues war von Anfang an der Zweck und das Ziel aller Bestrebungen Saussure's. Seine Forschungen sind zu allen Zeiten bewundert und hochgeehrt worden, so bei den aufgeklärten Landwirthen, wie von den Chemikern und Pflanzenphysiologen. Männer wie Thaer und Burger haben die Bedeutung der Naturwissenschaften für den rationellen Betrieb des Ackerbaues schon anerkannt, sie haben es ausgesprochen, daß in naher oder ferner Zukunft aus denselben der Praxis großer Vortheil erwachsen würde. Es fehlte aber noch die klare Anschauung dessen, was aus dem ganzen Umfange unserer Kenntniß der Natur im Allgemeinen, wie der Chemie insbesondere, der Wissenschaft des Ackerbaues zur Stütze und zur Ausbildung dienen konnte. Wohl war schon Manches erforscht, die einzelnen Thatsachen und Ideen lagen aber noch zerstreut umher, zum Theil unbeachtet, zum Theil in ihrem Werthe gar nicht erkannt; sie warteten des Sammlers und des Ordners, damit aus dem vielen Einzelnen ein in sich geschlossenes Ganze entstehe. Für den chemischen Theil unserer Wissenschaft war Justus v. Liebig dieser Ordner; er stellte die hauptsächlich von Saussure erforschten Wahrheiten zu einem wissenschaftlichen Ganzen zusammen. Freilich waren schon viel früher, namentlich von Davy, Chaptal und Schübler, Versuche gemacht worden zur Begründung der Agriculturchemie als einer selbstständigen Wissenschaft, aber diese Versuche, wenn auch von Vielen gewürdigt, vermochten nicht für längere Zeit die Aufmerksamkeit zu fesseln, weil damals der Kreis der Ideen im Gebiete der organischen Chemie überhaupt noch eng begrenzt war, und weil das Gebiet der neuen Wissenschaft von jenen Gelehrten nicht bestimmt und scharf genug in sich abgeschlossen wurde.

Auftreten Liebig's.

Die Aufregung, welche Liebig mit der Herausgabe seiner Agriculturchemie unter den Praktikern wie unter den Gelehrten bewirkte, war eine außerordentliche, und dieser Aufregung verdanken wir das lebhafte Interesse, welches jetzt von vielen Seiten her für die Bestrebungen der Wissenschaft erwacht ist. Erst seit dieser Zeit, seit dem Jahre 1840, begannen zahlreiche und ausgezeichnete Chemiker und Pflanzenphysiologen mit Ernst und Ausdauer dem Studium der Agriculturchemie sich zuzuwenden, während früher, außer Saussure,

Außerordentlicher Erfolg des Liebig'schen Werkes.

nur wenige Naturforscher anhaltend mit diesem Zweige unseres Wissens sich beschäftigt und zur Aufklärung der Lehren desselben im Einzelnen wie im Ganzen nur wenig beigetragen hatten. Mit dem energischen Eingreifen Liebig's in den Lauf der bisher nur langsam sich entwickelnden Agriculturchemie begann eine neue Periode für dieselbe, ein rascheres, freudigeres Leben. Nicht sowohl neue Forschungen und neue Ideen waren Ursachen des Erfolges. es, welche dem Liebig'schen Werke seinen Erfolg sicherten, sondern besonders die Form der Darstellung und nicht wenig auch der berühmte Name des Verfassers, des für die wissenschaftliche Begründung der ganzen organischen Chemie bedeutungsvollsten Mannes Deutschlands, erregten die Aufmerksamkeit der Laien wie der Sachverständigen. Liebig hatte vor dem Jahre 1840 fast gar keine in das Gebiet der Agriculturchemie unmittelbar einschlagende eigene Forschungen angestellt, die von ihm ausgesprochenen Ideen waren, mit nur wenigen Ausnahmen, keineswegs neu und ihm eigenthümlich; mehrere der wirklich neuen Ansichten sind von ihm selbst später modificirt, von Anderen theilweise widerlegt oder doch mit guten Gründen bestritten worden. Aber die Entschiedenheit des Auftretens, die Bestimmtheit im Ausdrucke, die in Anspruch genommene Unfehlbarkeit der neu aufgestellten oder doch auf's Neue im organischen Zusammenhange zur Anschauung gebrachten Theorien, alles dies bewirkte zugleich mit dem ihm vorausgehenden wohlverdienten Rufe den denkwürdigen Erfolg der im J. 1840 von Liebig zuerst herausgegebenen „Organischen Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie."

Liebig selbst veranlaßte zahlreiche agriculturchemische Untersuchungen, welche anderswo wiederholt, bestätigt oder bestritten wurden, er Lebhaftes Interesse angeregt durch Liebig. bewirkte, daß auch die Pflanzenphysiologen, Männer wie Schleiden und Mohl, ihre Ansichten aussprachen und die Schärfe ihres Geistes in höherem Grade, als dies bisher der Fall gewesen war, dem Dienste der Chemie wie der Wissenschaft des Ackerbaues widmeten, er verschaffte der Chemie bei den aufgeklärten praktischen Landwirthen Anerkennung und Eingang. Unter den jüngern Chemikern, namentlich unter seinen eigenen Schülern, fand Liebig viele Verehrer, welche in Wort und Schrift zur Verbreitung der Lehren ihres Meisters eifrig und mit Erfolg thätig waren. Es schien der ganzen praktischen Landwirthschaft eine wesentliche und nahe Umwälzung bevorzustehen, namentlich seitdem Liebig selbst mit einem neuen Düngmittel hervortrat, mit Hülfe dessen Liebig's Patentdünger. man einer jeden Culturpflanze die ihr besonders zusagende Nahrung

zuzuführen im Stande sein sollte. Mit Begeisterung wurde die neue Erfindung von allen Seiten begrüßt und die Chemie schien über den alten Schlendrian des Ackerbaues einen glorreichen Triumph feiern zu sollen. Leider aber trat schon nach einem einzigen Jahre das Gegentheil von dem Erwarteten ein, der Liebig'sche Patentdünger, obgleich chemisch auf richtige Grundsätze sich stützend, war und blieb praktisch in den meisten Fällen wirkungslos, in allen Fällen ungenügend. Die Empirie trug über die Wissenschaft wenigstens scheinbar den Sieg davon.

Das Resultat der Versuche, welche Liebig gemacht hat, um unmittelbar in das alte, auf Erfahrung, wenn auch oft einseitig gegründete Getriebe des Ackerbaues einzugreifen, hat auf der einen Seite der jungen Wissenschaft der Agriculturchemie genutzt, auf der anderen Seite aber auch sehr geschadet und der so freudig und lebenskräftig begonnenen Entwicklung derselben ein Hinderniß bereitet, welches nur langsam und schwer wieder aus dem Wege zu räumen ist. Genutzt hat jenes Ereigniß der Wissenschaft, weil die Chemiker nunmehr erkannt haben, daß es ein thörichtes Beginnen sei, Theorien aufzustellen, welche einseitig nur durch chemische Lehrsätze gestützt sind; man hat eingesehen, daß außer der Chemie dem landwirthschaftlichen Theoretiker nicht allein gründliche Kenntnisse auch in anderen Zweigen der Naturwissenschaft, wie in der Geognosie, in der Botanik, Pflanzenphysiologie und Physik unentbehrlich sind, sondern ganz besonders auch ein Verständniß der landwirthschaftlichen Praxis und der durch dieselbe auf empirischem Wege gesammelten Beobachtungen und Erfahrungen. Nur im Verein mit der Praxis kann die Wissenschaft für die Ausübung des Ackerbaues eine große Bedeutung gewinnen. Eine solche Erkenntniß und Ueberzeugung von Seiten der Chemiker kann offenbar für die fernere Entwickelung der Wissenschaft nur ersprießlich sein, sehr bald werden die günstigen Wirkungen davon sichtbar werden, natürlich nicht jetzt schon und sogleich, da man erst seit einigen Jahren angefangen hat, eine praktisch-wissenschaftliche Richtung zu verfolgen und die letztere bisher nur noch sehr wenige und vereinzelt stehende Vertreter gefunden hat.

Nutzen desselben für die Wissenschaft.

Aber auch höchst nachtheilig für die Fortbildung der wahren Wissenschaft hat die auf dem Gebiete der Praxis erlittene Niederlage Liebig's und seiner Schule gewirkt, indem seit dieser Zeit die Anerkennung, welche die wissenschaftlichen Bestrebungen von Seiten der

Nachtheilige Wirkung.

praktischen Landwirthe bereits erlangt hatten, in nicht geringem Grade vermindert worden ist. Der Mensch ist gar sehr geneigt, aus einer einzelnen Erfahrung oder Thatsache sofort ein Urtheil sich zu bilden über das allgemeine, große Ganze einer Wissenschaft, günstig oder ungünstig, je nachdem jene einzelne Erfahrung ausgefallen ist. So hat man denn auch nicht unterlassen, die Patentdünger-Angelegenheit und deren unglücklichen Ausfall nach Kräften auszubeuten und lächerlich zu machen, oft ohne nur die geistreiche und vollkommen richtige Idee, welche derselben zu Grunde lag, zu verstehen, wenigstens ohne sie würdigen zu können. Man hat, weil ein Vorschlag sich als praktisch unausführbar zeigte, Alles für Träumerei und Schwärmerei erklärt, Alles, was von einem Vertreter der Wissenschaft ausging, nicht selten aus dem alleinigen Grunde, weil es von diesem herrührte. Es kann wohl nicht geleugnet werden, daß in den letztverflossenen Jahren das Mißtrauen des landwirthschaftlichen Praktikers gegen den Gelehrten und namentlich den Chemiker ein größeres geworden ist, als es je zuvor war; in Wort und Schrift giebt sich dasselbe kund, in den landwirthschaftlichen Vereinen und Versammlungen wie in den Schriften praktisch oft sehr tüchtiger Landwirthe, die jedoch das Wesen der Wissenschaft nicht aufzufassen und zu begreifen verstanden. Man gewöhnte sich daran, alle die zahlreichen, oft ganz werthlosen Samendüngungsmittel und Fertilisationspulver, die so häufig angepriesen und in der Praxis so selten als brauchbar erfunden werden, alle Betrügereien, Täuschungen und Irrthümer den Chemikern zur Last zu legen, stets sich berufend auf den ungünstigen Erfolg des Liebig'schen Patentdüngers. So ist das allgemeine Urtheil der Landwirthe gegenwärtig, wenn auch einzelne noch immer gern und mit Interesse den steten Fortschritten der Wissenschaft folgen. Es ist klar, daß durch eine solche Gesinnung die Entwickelung der Agriculturchemie gehemmt werden muß, wenn der letzteren von Seiten der Praxis Verachtung entgegengestellt wird, statt daß man ihr entgegenkommen und zum gemeinschaftlichen Wirken die Hand reichen sollte. Der vernünftige und nicht in selbstgefälliger Ueberhebung befangene Agriculturchemiker bildet sich nicht ein etwas Rechtes zu verstehen, er weiß gar wohl, daß er mannigfachen Irrthümern ausgesetzt ist, nicht selten früher ausgesprochene Ansichten wieder zurücknehmen muß und durch die Praxis in vielfacher Hinsicht belehrt und berichtigt werden kann. Die Wissenschaft der Agriculturchemie ist noch jung und mit allen Fehlern der Jugend behaftet, nicht selten noch mehr

träumend als denkend. Man möge eine Wissenschaft deshalb nicht gering achten, weil sie noch unvollkommen und in jugendlicher Entwickelung begriffen ist und man möge stets unterscheiden zwischen dem wissenschaftlich Feststehenden, thatsächlich Erforschten und demjenigen, was als individuelle Ansicht oder Vermuthung ausgesprochen noch eben der wissenschaftlichen sowohl als der praktischen Begründung bedarf. Auch des zuerst Erwähnten hat die Agriculturchemie schon gegenwärtig Einiges, wenn auch nur Weniges, aufzuweisen und der Praxis zur Ausführung und Beherzigung anzubieten.

Die große Aufregung und theilweise Entrüstung, welche das Auftreten Liebig's auf dem Gebiete der Agricultur in den ersten Jahren des verflossenen Jahrzehntes hervorbrachte, so wie der nachherige Triumph über die wirkliche oder vermeintliche Niederlage Liebig's und in Folge dessen die Geringschätzung der wissenschaftlichen Bestrebungen überhaupt, mag zum großen Theile wenigstens die Ursache gewesen sein, daß die Landwirthe den Leistungen eines dritten Mannes, dem außer Saussure und Liebig unsere Wissenschaft ihre festere Begründung und zwar vorzugsweise verdankt, nicht die Aufmerksamkeit und das Interesse zuwandten, wie dessen Leistungen allerdings im vollen Maaße verdienten und zu fordern schienen. Zwar ist Boussingault den Chemikern schon seit 30 Jahren bekannt als ein eifriger und gewandter Forscher auf dem Gebiete der Agricultur, welcher durch die Großartigkeit seiner Untersuchungen Bewunderung erregte; unter den Landwirthen jedoch ist vorzugsweise erst mit der Herausgabe des berühmten Werkes, „Economie rurale" Paris 1844, sein Name bekannt geworden, dennoch aber, wie es scheint, keineswegs so bekannt, wie man wegen der praktischen Richtung, welche Boussingault stets verfolgt hat, wohl hätte vermuthen sollen. Wenigstens wird seiner selten, und höchstens nur beiläufig, in den landwirthschaftlichen Schriften Erwähnung gethan und während man über die Chemiker im Allgemeinen den Stab brach, dabei aber stets nur Liebig vor Augen hatte, bedachte man nicht, daß unter den bedeutendsten Chemikern auch der Name Boussingault's glänzte, der aber außerdem ein tüchtiger Landwirth war, seine eigenen Güter nach wissenschaftlichen Grundsätzen erfolgreich bewirthschaftete, der bekannt mit fast allen praktischen Erfahrungen des In- und Auslandes, dieselben würdigend und benutzend, dennoch sein ganzes Leben der Erforschung und der Befestigung der Stützen einer vollständigen Wissenschaft des Ackerbaues widmete, in der festen Ueberzeugung,

Boussingault und dessen Verdienste.

dadurch auch der Praxis einen wesentlichen und bleibenden Nutzen zu gewähren.

Kein Mann war mehr geeignet, der Wissenschaft ihre Aufgabe klar und bestimmt vorzuzeichnen, Niemand konnte wie Boussingault den Werth und die Nothwendigkeit einer wissenschaftlichen Begründung der Praxis zur Ueberzeugung bringen. Ausgerüstet mit außergewöhnlichen Kenntnissen in fast allen Zweigen der Naturwissenschaft, bewandert und erfahren in allen Fächern der landwirthschaftlichen Praxis, durchreiste er beobachtend, sammelnd, forschend, experimentirend und analysirend, zahlreiche Länder der alten wie der neuen Welt; er suchte unter allen Zonen der Erde die physischen wie chemischen Bedingungen des Pflanzenlebens zu ergründen, er erkannte die verschiedenen Formen des Landbaues unter allen Himmelsstrichen und die Ursachen ihrer Verschiedenheit. Während man in Deutschland erst in Folge der Widersprüche, in welche die Liebig'sche Theorie mit der Praxis gerieth und durch das Boussingault'sche Werk selbst allgemeiner zu der Ueberzeugung gelangte, daß Agriculturchemie nicht ohne Agriculturphysik gedacht und behandelt werden könne, daß die Landwirthschaft gleichmäßig wie in der Chemie so auch in der Physik, ja selbst zum Theil auch in der Geognosie und Botanik ihre wissenschaftliche Stütze finden müsse, war die Vereinigung aller dieser Kenntnisse zu einem gemeinschaftlichen Zwecke, zur Begründer einer neuen Wissenschaft, nämlich derjenigen des Ackerbaues, von Boussingault schon längst erkannt und die Materialien zu einer solchen Lehre auf das Eifrigste und mit unverdrossener Ausdauer gesammelt worden. Boussingault hat sich durch diese seine Bemühungen große Verdienste um den Ackerbau erworben. Während die Agriculturchemie von Saussure durch dessen Forschungen begründet, von Davy, Chaptal und Schübler in ihren ersten Anfängen geordnet, von Liebig eine systematische, in sich abgeschlossene, Behandlung erhielt, wurde Boussingault der Begründer der eigentlichen Wissenschaft des Ackerbaues. Im Einzelnen kann Boussingault gefehlt und geirrt haben, schon gegenwärtig sind theilweise seine Ansichten geläutert, seine Untersuchungen berichtigt oder erweitert worden, immer aber bleibt ihm das große Verdienst, die Wissenschaft des Ackerbaues zuerst begrenzt und zuerst eine Bahn betreten zu haben, auf welcher jetzt und in Zukunft ihm zu folgen oder selbstständig fortzuschreiten die Pflicht eines jeden Agriculturchemikers, wie eines jeden wirklich rationellen Landwirthes ist; es ist die Bahn, auf welcher Wissenschaft und Praxis

Begründung der Wissenschaft des Ackerbaues.

vereint einem gemeinschaftlichen Ziele, gegenseitiger Vervollkommnung entgegenstreben.

Die früheren Versuche zur Darstellung der rationellen Landwirthschaft sind nicht auf streng wissenschaftliche Prinzipien gegründet, sie konnten es nicht aus dem Grunde, weil die Hülfswissenschaften, welche dem Ackerbau gerade erst die wissenschaftlichen Grundlagen liefern sollen, damals noch nicht so weit entwickelt und ausgebildet waren, als daß sie hätten zu diesem Zwecke mit bedeutendem Vortheil benutzt werden können. Wer eine Idee davon hat, wie merkwürdig schnell in den letztverflossenen Decennien die analytisch-chemischen Methoden vervollkommnet sind, mit welchem Eifer die immer mehr sich vergrößernde Zahl der Chemiker sich dem Studium der organischen Welt zugewendet hat, wie erst seit den letzten 20 Jahren von einer Wissenschaft der organischen Chemie überhaupt hat die Rede sein können, und wer dann zugleich bedenkt, daß gerade mit der Anwendung der Chemie auf das Lebendige der organischen Natur auch erst die Stützen haben gebildet werden müssen, auf welchen das Gebäude einer neuen Wissenschaft, derjenigen des Ackerbaues, sich zu erheben anfängt, — der wird die Richtigkeit des so eben Ausgesprochenen zugestehen, zugleich aber auch begreifen, daß hieraus durchaus kein Vorwurf den ausgezeichneten Männern einer früheren Zeit entspringen kann oder soll. Auch die Gegenwart hat Männer in Praxis und Wissenschaft aufzuweisen, auf welche Deutschland mit Recht stolz ist und deren Verdienste um den Ackerbau freudig anerkannt werden, auch diese Männer haben die Literatur mit trefflichen Schriften bereichert; Niemand aber wird mit Boussingault in die Schranken treten können und wollen. Ein seltenes Zusammentreffen von Geist, Ausdauer und Gewandtheit, wie nicht weniger von glücklichen äußeren Umständen ist erforderlich, um Männer zu bilden, die gleich groß in der Praxis wie in der Wissenschaft dastehen und mit sicherem Blicke das Ganze der menschlichen Erkenntniß in einer bestimmten Richtung umfassen. Ein solcher Mann ist Boussingault. Es ist ein eigen Ding, selbst der Begründer einer neuen Wissenschaft zu werden, alle hierzu erforderlichen Materialien nicht allein zusammen zu tragen, sondern auch mit richtigem Blicke die Spreu von dem Weizen zu scheiden, das Zweifelhafte durch neue Untersuchungen und Beobachtungen zu prüfen und überall hin der Wissenschaft neue Gesichtspunkte zu eröffnen; ein ander Ding aber ist es, die einmal begründete und begrenzte Wissenschaft im Einzelnen auszubilden, auf der

einmal betretenen und geebneten Bahn nachzufolgen und zu dem, wenn auch nur in den ersten Grundzügen und Umrissen, bereits aufgerichteten Gebäude einen neuen Stein zur Verherrlichung und Vervollkommnung des Ganzen hinzuzufügen. Das Letztere wollen wir, Praktiker und Gelehrte, jetzt und in Zukunft, ein jeder nach seinen Kräften, mit allem Eifer versuchen und die von Boussingault eröffnete Bahn zum Nutzen und Frommen der Mit- und Nachwelt rüstig und mit Ausdauer verfolgen, nicht aber zurückschrecken vor entgegentretenden Hindernissen, nicht muthlos werden, wenn die Erfolge unseres Strebens auch nicht augenblicklich deutlich hervortreten, sondern stets unverdrossen vorwärts bringen, unverwandt das schöne einzige Ziel vor Augen, die Vervollkommnung des Ackerbaues und die feste Begründung derselben auf der untrüglichen Basis der Wissenschaft.

Erst seit 6 Jahren, seit dem Jahre 1844 besitzen wir eine wahrhaft wissenschaftliche Grundlage des Ackerbaues, also wohl kann man mit unserem Motto sagen: die Wissenschaft ist noch jung und deshalb auch mit allen Fehlern der Jugend behaftet, oft mehr träumend als denkend, manches noch Unverstandene sammelnd für reifere Jahre, aber sie ist auch übersprudelnd in Lebensfülle und eines kräftigen Mannesalters gewiß.

Gegenwärtige Thätigkeit für die Wissenschaft.

Wer könnte der jungen Wissenschaft des Ackerbaues eine reiche Lebensfülle absprechen! In England, Frankreich und Deutschland findet sie Verehrer; zahlreich sind die Untersuchungen, welche ausgeführt werden, um wichtige landwirthschaftliche Fragen ihrer Lösung näher zu bringen; schon scheidet sich von der großen Gesellschaft der Chemiker, freilich bis jetzt nur noch ein kleiner Theil derselben ab, Männer, welche, wie es nothwendig ist, ihr ganzes Leben dem Dienste der Landwirthschaft widmen wollen; in großer Menge werden in der jetzigen Zeit Versuche im Großen auch von Seiten aufgeklärter und nicht in der rohen Empirie befangener Landwirthe angestellt. Nicht wenig wird schon gegenwärtig geleistet, aber weit mehr könnte errungen werden, wenn alle die Kräfte, welche bereits gewonnen sind für den Dienst der Wissenschaft und auf ihrem Gebiete, sei es mittelbar oder unmittelbar, sich thätig beweisen, wenn alle diese Kräfte gesammelt, vereinigt nach einem gemeinschaftlichen Plane arbeiteten und nicht so häufig durch Vereinzelung, Mühe, Zeit und Geld zum Theil oder gänzlich unnütz verloren ginge.

Mangel an Zusammenwirken.

Wissenschaft und Praxis entbehren bei uns noch fast aller Verbindung und gegenseitigen Unterstützung, ja wenn auch eine solche Vereinigung von

Einzelnen gewünscht und angebahnt wird, so scheitert die Ausführung dieser Idee doch gar häufig an Hindernissen aller Art, weil eben in allen Regionen der Gesellschaft die Ansicht noch sehr verbreitet ist, als ob die Wissenschaft dem praktischen Ackerbau nur schädlich sein könne, oder doch unnütz wäre, und weil in Deutschland Einheit und Einigkeit vergebens gesucht werden. Manches wird schon gegenwärtig geleistet, vielfach Materialien gesammelt zur Verarbeitung für künftige Zeiten, aber reiche, unendlich reiche Schätze liegen noch ungehoben in dunkler Finsterniß, welche nur durch die hellstrahlende Leuchte der Wissenschaft zerstreut werden kann.

Wohl mag Mancher, der vereinzelt auf dem noch wenig angebauten Felde der Ackerbauwissenschaft seinen Weg verfolgt, ohne an andere Gleichgesinnte sich anschließen zu wollen, oder ohne selbst bei gutem Willen auf seinem Wege Unterstützung in Rath und That zu finden, auf Irrwege gerathen, von welchen die Rückkehr auf die rechte Bahn schwierig ist; wohl mag Mancher, durch Einseitigkeit und Eigendünkel verleitet, wähnen, das Ziel schon erreicht zu haben, wenn er in Wirklichkeit weiter von demselben entfernt ist als im Anfange, da er zuerst das Gebiet betrat, auf welchem das Ziel zu erreichen wenigstens möglich war. Irrthum begleitet den Menschen überallhin, und nach vielfachen vergeblichen Versuchen wird erst das bleibend Wahre erforscht und gefunden. Aber dennoch ist unsere junge Wissenschaft eines kräftigen Mannesalters gewiß, denn sie kennt schon jetzt das Ziel, welches erreicht werden kann und soll, sie versteht es die Mittel und Wege aufzufinden, welche zur eigenen Vervollkommnung, zur Erreichung eines kräftigen Mannesalters führen werden, trotz der vielfachen Irrthümer, welchen sie stets ausgesetzt ist. Es ist eine der Hauptaufgaben, deren Lösung ich bei der Ausarbeitung dieses Werkes angestrebt habe, die Mittel und Wege nämlich möglichst klar und bestimmt darzulegen und abzustecken, durch welche und auf welchen ein rascher Fortschritt in Wissenschaft und Praxis erreicht werden kann.

Zweck dieses Werkes, und Behandlung des Gegenstandes.

Das vorliegende Werk soll ein klares Bild gewähren von dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft. Es ist bei der Ausarbeitung vorzugsweise, aber keineswegs ausschließlich auf deutsche Verhältnisse Rücksicht genommen und hierbei die überaus reiche Literatur der Schriften und Abhandlungen in Praxis und Wissenschaft, soweit mir dieselbe zu Gebote stand, sorgfältig benutzt und gewissenhaft beachtet worden. Daß

in dieser Hinsicht nichts Vollkommenes geliefert werden konnte, bedarf wohl keiner Erwähnung. Ich kann kaum hoffen, selbst von dem Wichtigsten Kenntniß erlangt zu haben und es ist wahrscheinlich, daß im Einzelnen eine in diesem Werke ausgesprochene und meiner Meinung nach begründete Ansicht oder Theorie eine mehr oder weniger wesentliche Aenderung erlitten haben würde, wenn eben alles Gediegene unserer deutschen Literatur von mir hätte eingesehen und benutzt werden können. Ich habe in diesem Werke die Resultate von nicht wenigen eigenen Untersuchungen und Versuchen mitgetheilt, im Großen oder Kleinen von mir ausgeführt oder doch in ihrer Ausführung beobachtet; auf eigenen Erfahrungen und Beobachtungen, so wie auf denjenigen Anderer fußend, habe ich überall mir ein selbstständiges Urtheil zu bilden gesucht, mehrfach auch neue Ansichten entwickelt, ohne jedoch, wie ich hoffe, eines dünkelhaften Strebens nach dem Besonderen und Eigenthümlichen beschuldigt werden zu können. Ich halte meine Ansichten überall nicht für unfehlbar und für alle Zeiten stichhaltig, gerne bin ich bereit, von mehr erfahrnen oder höher begabten Männern freundliche Belehrung anzunehmen, aber stets habe ich offen meine wahre und aufrichtige Ueberzeugung ausgesprochen, wie sie aus dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft, wie ich denselben aufgefaßt habe, hervorgegangen ist. Stets habe ich mich bestrebt im Einzelnen wie im Ganzen klar und verständlich mich auszudrücken, in systematischer Aufeinanderfolge das Eine aus dem Andern zu entwickeln, die Grenzen scharf und bestimmt zu ziehen. Ich hatte die Absicht durch das vorliegende Werk die Praxis der Wissenschaft und die letztere der ersteren näher zu führen, ich wünschte daher sowohl dem Gelehrten wie dem Praktiker dasselbe zugänglich und für beide anregend und belehrend zu machen. Es war also die schwierige Aufgabe zu lösen, weder durch Breite und Wiederholungen dem Naturforscher von Fach langweilig, noch durch eine gelehrte Terminologie und trockene Anhäufung einer zu großen Menge von Analysen und Beobachtungen dem Praktiker unverständlich zu werden. Ich darf nicht hoffen, eine so schwierige Aufgabe auch nur einigermaßen befriedigend gelöst zu haben. Es war aber nicht allein das Ziel meines Strebens, ein möglichst lebendiges und anschauliches Bild von dem gegenwärtigen Stande unserer Wissenschaft zu liefern, sondern ich versuchte auch die Schwächen und Mängel der Wissenschaft selbst hervorzuheben und darauf hinzuweisen, auf welche Art von Seiten der Praktiker sowohl als der Gelehrten und in gegenseitiger Vereinigung und Unterstützung in Zukunft

etwas Besseres und Vollkommneres erreicht werden könne. Ein solcher Versuch konnte der Natur der Sache nach nur sehr unvollkommen ausfallen und hauptsächlich nur in einzelnen Andeutungen bestehen, die aber hinreichend sein möchten, zur lebhafteren Besprechung und genaueren Erwägung eines Gegenstandes Veranlassung zu geben, welcher für alle Zeiten die Lebensfrage ist, an deren mehr oder weniger genügende Lösung die Fortschritte der Wissenschaft des Ackerbaues unzertrennlich gebunden sind.

Kurze Uebersicht des Inhaltes.

Eine kurze Uebersicht des organischen Zusammenhanges, in welchem die im Folgenden behandelten Gegenstände zu einander stehen, möchte zur deutlicheren Auffassung des Umfanges wie des Inhaltes der hier vorgetragenen Wissenschaft führen und deswegen am Schlusse dieser Einleitung ihren richtigen Platz finden.

Unter Wissenschaft des Ackerbaues verstehe ich hier das Ganze unserer naturhistorischen Kenntnisse in ihrer Anwendung auf das Gebiet des Ackerbaues. Es wird hier beabsichtigt, allein die wissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues festzustellen, nicht aber das ganze Gebäude der Wissenschaft in allen ihren Beziehungen zur reinen Praxis und unter vollständiger Berücksichtigung der letzteren aufzuführen. Es soll ferner in dem Folgenden nur die Wissenschaft des Ackerbaues, nicht also der ganzen Landwirthschaft abgehandelt werden; Alles, was auf die Viehzucht Bezug hat, bleibt ausgeschlossen. Endlich wird hier nur von der Anwendung unserer naturhistorischen Kenntnisse auf das Gebiet des Ackerbaues die Rede sein, die Beziehungen zwischen dem letzteren und der Mathematik dagegen gänzlich außer Acht bleiben.

Das Ganze der Wissenschaft des Ackerbaues umfaßt zwei Haupttheile:

I. den rein wissenschaftlichen, allgemeinen Theil; und

II. den auf den praktischen Ackerbau angewandten, speciellen Theil.

Der allgemeinere Theil dieses Werkes betrachtet das Leben der Pflanze an sich, unabhängig von den Vortheilen, welche wir aus unseren Kenntnissen von dem Wachsthum und der Ernährung der Pflanze überhaupt, für die Cultur einzelner nützlicher Gewächse insbesondere gewinnen können. Das vegetabilische Leben entwickelt sich unter

dem Einfluß der Atmosphäre und des Bodens, es ist bedingt durch die stete Wechselwirkung, welche Statt hat zwischen den Bestandtheilen der Luft und der festen Erdrinde; die Pflanze zieht aus jener sowohl wie aus dieser eigenthümliche, zu ihrem Fortkommen unentbehrliche Nahrungsstoffe, welche sie in ihren verschiedenen Organen, bei Gegenwart von Wärme und Licht, zu neuen mannichfaltigen Substanzen verarbeitet. Wir müssen daher unsere Aufmerksamkeit wenden

1. auf die Bestandtheile der atmosphärischen Luft, und sodann

2. den Einfluß kennen lernen, welchen die atmosphärischen Stoffe auf den festen Theil der Erdoberfläche ausüben.

Der letztere Abschnitt giebt uns Kunde von der Bildung eines dem Wachsthum der Pflanzen günstigen Grund und Bodens, von der allmähligen Entstehung einer Ackerkrume, welche geeignet ist, allen auf der Erdoberfläche vorkommenden Gewächsen zur Befestigung zu dienen und Nahrung zu gewähren. Diese Bildung findet statt unter dem doppelten Einflusse der atmosphärischen Luft:

a. auf die festen Gesteine, auf die Stoffe der unorganischen, mineralischen Welt (Zerbröckeln und Verwitterung der Felsmassen);

b. auf die Ueberreste der todten, abgestorbenen thierischen wie vegetabilischen Organismen (Humusbildung).

Wenn wir die Bestandtheile der die Pflanzen umgebenden Atmosphäre und die des Bodens, in welchem sie befestigt sind, werden kennen gelernt haben, so ist uns das Verständniß vorbereitet

3. der Wechselwirkung zwischen Luft und Erde einerseits und dem vegetabilischen Leben andererseits (Keimen, Wachsthum und Ernährung der Pflanze).

Wir betrachten die Form, in der die Nahrungsstoffe, welche die Pflanze in sich aufzunehmen vermag, vorhanden sein und dargeboten werden müssen, die Erscheinungen und Prozesse, welche während des Lebens der Pflanze bei der Umwandlung jener Nahrungsstoffe in neue und eigenthümliche Producte der organischen Welt beobachtet werden.

Der zweite Haupttheil umfaßt die Praxis unserer Wissenschaft, die Anwendung der im ersten Theile entwickelten Lehren auf den Ackerbau, auf die Cultur gewisser Pflanzen im Großen. Wir haben hier wiederum zwei Abtheilungen zu unterscheiden, und zwar stellen wir uns

A. auf einen wissenschaftlichen Standpunkt und suchen von diesem aus die praktischen Erfahrungen und Beobachtungen zur Befestigung der Grundpfeiler der Wissenschaft selbst zu verwenden, während in der zweiten Abtheilung

B. umgekehrt die Wissenschaft der Praxis dienstbar oder deren Stütze und Leiterin werden soll.

Die erste Abtheilung zerfällt in drei Abschnitte, indem wir

1. die Zusammensetzung der Ackerkrume betrachten und untersuchen, auf welche Weise die Bestandtheile derselben in ihren verschiedenen Mengenverhältnissen, so wie durch die Art ihrer mechanischen Mischung mehr oder weniger günstig auf das Wachsthum der Pflanze einwirken; welchen Einfluß außerdem die geognostischen und klimatischen Verhältnisse auf die Fruchtbarkeit der Ackererde auszuüben vermögen (Bodenkunde).

Ferner haben wir

2. der verschiedenen Mittel zu gedenken, durch welche wir im Stande sind, die Ackerkrume im Allgemeinen, wie für gewisse Zwecke insbesondere, wesentlich zu verbessern, überhaupt die Zusammensetzung und Wirkungsart der mannichfachen Düngmittel kennen zu lernen, welche in der landwirthschaftlichen Praxis Anwendung finden, oder doch je nach den Umständen mit Vortheil benutzt werden können (Düngerlehre).

Endlich schließen wir diese Abtheilung

3. mit der Darstellung der für den jetzigen Standpunkt unserer Kenntnisse annehmbarsten Theorie des Fruchtwechsels und mit einer Beleuchtung der Ursachen der Erschöpfung des Bodens durch die Cultur.

Die zweite Abtheilung des speciellen Theiles unserer Wissenschaft umfaßt

1. die Bereitung, Behandlung, Auf- und Unterbringung des Düngers, so wie dessen Werthbestimmung und Anwendung für einzelne Früchte.
2. Die Bestellung des Ackers im Allgemeinen und für einzelne Früchte insbesondere; Cultur der ökonomischen Pflanzen.
3. Leitende Grundsätze bei Wirthschaftseinrichtungen.

Die Grundsätze der Lehre von der Ernährung der Pflanze und die Anwendung derselben auf das praktische Gewerbe des Landwirthes will ich versuchen, in dem Folgenden für den Freund der lebendigen Natur im Allgemeinen, und im Interesse des gebildeten Landmannes insbesondere in gemeinverständlicher Sprache darzulegen, ohne bei meinen Lesern tiefere chemische oder überhaupt naturhistorische Kenntnisse vorauszusetzen, und ich hoffe, daß es mir gelingen wird, die hier vorläufig angedeuteten Lehren zur klaren Anschauung zu bringen, um in dem dritten und letzten Theile dieses Werkes mit Erfolg

III. den Nutzen schildern zu können, welchen auch der praktische Landwirth aus diesen Lehren ziehen würde, wenn er in höherem Grade, als bisher in der Regel der Fall war, ihrem Studium seine Aufmerksamkeit zuwenden wollte.

Es wird hier

1. eine kurze Anleitung gegeben werden zur analytisch-chemischen Untersuchung der landwirthschaftlich besonders wichtigen Stoffe, um auch den Praktiker in den Stand zu setzen, den Werth der gewöhnlichen käuflichen oder sogenannten künstlichen Düngmittel kennen zu lernen und den Gehalt gewisser Producte des Pflanzenreiches an vorzugsweise wesentlichen Bestandtheilen zu erforschen, Alles mit Anwendung der einfachsten Hülfsmittel und weniger auch von dem der speciellen Chemie fremden Landwirthe leicht auszuführenden Operationen.

Ferner werde ich

2. die Vortheile zusammenstellen, welche die Wissenschaft des Ackerbaues dem praktischen Landmanne in materieller wie in geistiger Hinsicht gegenwärtig zu gewähren vermag;

und endlich

3. die Mittel und Wege anzudeuten versuchen, durch welche und auf welchen in Zukunft einerseits für die Praxis aus den Lehren

der Chemie und Physik in ihrer Anwendung auf die Agricultur immer größerer Nutzen erwachsen würde, wie auch andererseits der Wissenschaft selbst durch den Praktiker wesentliche Unterstützung zu Theil werden könnte.

Möchte diese freundlich dargebotene Arbeit freundliche Aufnahme und Theilnahme finden und der von mir so hoch geschätzten Wissenschaft des Ackerbaues immer mehrere und eifrigere Verehrer zuwenden, so unter den praktischen Landwirthen, wie unter den thätigen Forschern im Reiche der Natur!

Erster Theil.

Allgemeiner Theil der Wissenschaft des Ackerbaues.

Lehre

von den Bedingungen des Pflanzenlebens, wie von den Prozessen und Erscheinungen, welche das Wachsthum der Pflanzen begleiten.

Erster Abschnitt.

Die Atmosphäre und deren Bestandtheile.

Eine von den Wissenschaften, welche erst in der neuesten Zeit ihre Selbstständigkeit erlangt haben, aber durch das vereinte Wirken zahlreicher Kräfte merkwürdig schnell zu einem hohen Grade der Ausbildung gediehen sind, ist die Geologie, die Lehre von der Entwickelung unserer Erde. Sie liefert uns überzeugende Beweise von der Richtigkeit der Behauptung, daß einst die ganze Erde und alle ihr angehörenden jetzt starren, festen Körper in einem feurigflüssigen Zustande sich befunden haben. Diesen Zustand nennt man den Urzustand der Erde, weil er der älteste ist, bis zu welchem man in der Geschichte der Erde zurückgehen kann und Alles, was vor dieser Zeit vorhanden war, der Erforschung des menschlichen Geistes unzugänglich ist und selbst dem Reiche der Vermuthungen sich entzieht. Von dieser Urzeit ausgehend verfolgt der Geologe mit sicherem Blicke die Entwickelung unserer Erdkugel durch alle Perioden und Phasen hindurch bis zur Gegenwart herab. Die Erde hat allmählig einen großen Theil ihrer ursprünglichen Hitze durch Abkühlung, durch Ausstrahlung in den Weltenraum verloren, bis ein Gleichgewicht eingetreten ist zwischen der Wärme, welche die Erde jährlich durch Ausstrahlung verliert und derjenigen, welche durch die Sonne ihr zugeführt wird. Mit

Urzustand der Erde.

dem Eintreten dieses Gleichgewichtes mag die gegenwärtige Gestaltung der Erdoberfläche so ziemlich vollendet gewesen sein und die Erde selbst die Fähigkeit erlangt haben, dem Menschen eine sichere Wohnstätte zu gewähren. Die Erde als ein Ganzes betrachtet, scheint nunmehr hinsichtlich ihrer Temperaturverhältnisse keine Veränderungen zu erleiden, wenigstens hat man aus astronomischen Beobachtungen und Berechnungen geschlossen, daß in den letztverflossenen 2300 Jahren die Temperatur der Erde nicht um ein Hunderttheil eines Wärmegrades sich verändert haben kann.

Trennung der Körper.

In der Urzeit der Erde waren schon dieselben Kräfte vorhanden und thätig, welche noch gegenwärtig die Natur beherrschen und erhalten, nur waren ihre Aeußerungen modificirt durch andere Umstände, durch die damals herrschende hohe Temperatur; viele, ja fast alle Körper und Verbindungen, welche wir gegenwärtig in so reicher Fülle und Mannigfaltigkeit die Erdoberfläche bedecken und schmücken sehen, existirten damals noch nicht, weil sie in ihrer jetzigen Gestaltung der zerstörenden Gewalt der damals überall herrschenden Glühhitze nicht hätten widerstehen können. Vieles, was jetzt fest oder flüssig ist, war damals luft- oder dunstförmig; Alles war ein in seinen Theilen bewegliches Chaos. Erst als die Temperatur allmählig tiefer sank, schied sich auch das Feste von dem Flüssigen ab, das Flüssige von dem Luft- oder Gasförmigen, alle Körper nahmen ihre jetzige Gestalt an, und ordneten sich in der Weise neben einander, daß die schwersten, wahrscheinlich rein metallischen oder doch stark metallhaltigen Substanzen im Innern der Erdkugel als glühende, geschmolzene und bewegliche Massen zurückblieben, die leichteren Verbindungen aber den äußeren Kreis der Erdkugel bildeten, eine erstarrte erdige oder krystallinische Gesteinsmasse, auf deren Oberfläche das Wasser hinfließt, während die luftförmigen Körper die festen und flüssigen Theile der Erde umgeben als ein Dunstkreis, eine Atmosphäre, welche der Erdoberfläche zunächst die größte Dichtigkeit besitzt und je weiter sie an den Bergen in die Höhe steigt oder von der festen Erdrinde sich entfernt, immer dünner wird, in einen ausgedehnteren Zustand übergeht.

Wägbarkeit der atmosphärischen Luft.

Die atmosphärische Luft ist ein Körper, sie ist wägbar und drückt mit ihrem ganzen Gewichte auf die Erdoberfläche und auf alle auf derselben befindlichen starren sowohl als in ihren Theilen beweglichen Massen. Durch viele Erscheinungen, welche täglich vor unseren Augen

in der Natur auftreten oder künstlich im Kleinen durch physikalische Experimente herbeigeführt werden können, ist diese Thatsache bewiesen. Die Größe jenes atmosphärischen Druckes zeigt das Barometer an. Wenn man aus einer an dem einen Ende zugeschmolzenen Glasröhre die Luft entfernt und diese jetzt luftleere Röhre mit ihrem offenen Ende in ein mit Quecksilber angefülltes Gefäß stellt, so erhebt sich das Quecksilber in der Röhre ungefähr 28 Zoll über die Oberfläche der in dem Gefäße befindlichen Flüssigkeit, zum Beweise, daß die außer der Glasröhre befindliche Luft auf die Oberfläche des Quecksilbers mit einem Gewichte drückt, welches demjenigen einer Quecksilbersäule von 28 Zoll oder, was dem gleichbedeutend ist, einer Wassersäule von 32 Fuß entspricht. Giebt man jener Quecksilbersäule eine Basis von einem Quadratzoll, so beträgt das Gewicht derselben 15,11 Preußische Pfund; jeder Quadratzoll der Erdoberfläche hat also einen dem angegebenen Gewichte entsprechenden Druck, jeder Quadratfuß mithin einen Druck von 2175,84 Pfunden auszuhalten. Die Oberfläche eines erwachsenen Menschen beträgt ungefähr 14 bis 15 Quadratfuß, die Luft drängt also auf denselben mit einer Gewalt von über 30000 Pfund ein; es müßte daher der menschliche Körper zermalmt werden, wenn nicht dieser Druck gleichmäßig von allen Seiten auf denselben einwirkte und namentlich die im Innern des Körpers befindliche Luft genau denselben Druck ausübte, wie die außer demselben vorhandene Atmosphäre, jene also mit dieser vollkommen im Gleichgewichte sich befände. Wird dieses Gleichgewicht auf irgend eine Art und Weise gestört und aufgehoben, so bemerken wir auch sofort die Wirkung dieses Druckes. Wenn die Luft nach einer Stelle, an welcher sie sich in einem verdünnteren Zustande befindet, hinströmt, so fühlen wir uns mit dem so gebildeten Luftstrome mit größerer oder geringerer Gewalt fortgerissen; wenn wir an hohen Bergen emporklimmen, so spüren wir eine große Müdigkeit, welche uns oft auszuruhen nöthigt, eine Erscheinung, die ebenfalls einfach sich erklärt aus dem gestörten Gleichgewichte zwischen der im Innern des Körpers vorhandenen und der äußeren auf denselben eindringenden Luft. Diese Störung kann in den oberen Regionen der Atmosphäre so bedeutend werden, daß mit der großen Verminderung des äußeren Luftdruckes das Blut aus Mund und Nase, ja selbst aus allen Poren der Haut des menschlichen Körpers gewaltsam hinausgepreßt wird. Das Ganze der die Erdkugel bis zu einer Höhe von etwa 6 bis 7 geographischen Meilen umgebenden Luftmasse hat man berechnet zu dem ungeheuren Gewichte von über 100,000 Billionen Absolutes Gewicht derselben.

Centnern oder nach Marchand genauer zu 5,263623,000000,000000 Kilogramm. *)

Die gas- oder luftförmigen Körper, welche in der Natur vorkommen, sind zweierlei Art; einige behalten unter den gewöhnlichen Temperatur- und Druckverhältnissen ihren luftförmigen Zustand bei, andere gehen bei dem Eintreten einer nur geringen Temperaturerniedrigung oder einer unbedeutenden Vergrößerung des Druckes in den flüssigen Zustand über; erstere nennt man vorzugsweise Gase oder Luftarten, letztere auch Dämpfe oder Dünste. Von den letzteren sind namentlich die Wasserdünste stets in der Luft verbreitet, und fallen nach ihrer Verdichtung in den oberen kälteren Theilen der Atmosphäre von Zeit zu Zeit in der Form von Regen, Schnee oder Hagel auf die Erde wiederum nieder; die chemische Beschaffenheit dieser sogenannten atmosphärischen Wasser ist am Schlusse dieses Abschnittes näher bezeichnet, während ihre klimatische Bedeutung in einem späteren Capitel Erwähnung finden wird. Hier wenden wir zunächst unsere Aufmerksamkeit auf

A. Die beständig gasförmigen in der Atmosphäre vorhandenen Körper.

Die Atmosphäre ein Gemenge verschiedener Luftarten.

Die atmosphärische Luft ist ein Gemenge verschiedener gasförmiger Körper, welche nach Art der Gase überhaupt sich so innig mit einander vermischt haben, daß die procentische Zusammensetzung der Luft an allen Orten der Erdoberfläche völlig gleich bleibt, oder doch nahezu dieselbe ist in der Tiefe der Ebenen und Thäler, wie auf den Spitzen der höchsten Berge, über dem Meere, wie auf dem festen Lande; — ähnlich wie zwei Flüssigkeiten von verschiedener Schwere und Beschaffenheit, z. B. Essig und Wasser, oder Alkohol und Wasser sich so vollständig mit einander vermischen, daß an jeder Stelle des Gemenges derselbe Gehalt an beiden Stoffen vorhanden ist, ohne daß der schwerere Körper von dem leichteren

---

*) Das französische Decimal- oder Grammengewicht wird in den wissenschaftlichen Werken gegenwärtig vielfach angewendet und verdient wegen seiner Einfachheit allgemeine Verbreitung. Es soll auch in dieser Ausarbeitung das allein herrschende sein. Dasselbe gilt von den Längen-, Flächen- und Hohlmaßen. Diejenigen, welchen das französische Maaß und Gewicht nicht ganz geläufig ist, verweise ich auf den Anhang zu diesem Werke, wo man eine vergleichende Zusammenstellung unserer gewöhnlichen deutschen Maaße und Gewichte mit den französischen finden wird.

sich trennt und auf dem Boden des Gefäßes sich ablagert. Wo an irgend einem Orte mit Bestimmtheit eine Abweichung von der gewöhnlichen Zusammensetzung der atmosphärischen Luft sich nachweisen läßt, da erstreckt sich diese Abweichung nur auf einen sehr geringen Theil der Atmosphäre, da ist auch stets eine lokale Ursache dieser Störung vorhanden, also jene Abweichung an nur zufällig auftretende Bedingungen gebunden. Auch sind zuweilen, eben in Folge von lokalen Ursachen fremdartige Körper der atmosphärischen Luft beigemengt, welche, wo sie in etwas größerer Quantität sich anhäufen, nicht selten einen nachtheiligen Einfluß auf die thierischen und vegetabilischen Organismen ausüben können. Wir werden später einen kurzen Blick auf diese zufälligen, gewöhnlich nur in verschwindender Quantität in der Atmosphäre vorhandenen Stoffe werfen, und betrachten hier zuerst

a. Die wesentlichen oder überall nachweisbaren Bestandtheile.

Allenthalben, wo die atmosphärische Luft aufgefangen und der chemischen Analyse unterworfen wurde, hat man dieselbe stets aus drei in ihren Eigenschaften deutlich von einander verschiedenen Luftarten zusammengesetzt gefunden, denen man die Namen Sauerstoffgas, Stickstoffgas und Kohlensäuregas beigelegt hat; diese drei Körper sind die wesentlichen Bestandtheile der atmosphärischen Luft.

1. Das Sauerstoffgas hat seinen Namen aus dem Grunde erhalten, weil es die Fähigkeit hat durch seine Einwirkung auf gewisse Stoffe Säuren zu erzeugen, unter seinem Einflusse bildet sich aus dem Alkohol z. B. und allen alkoholhaltigen Flüssigkeiten Essigsäure; dieser Körper heißt auch Feuerluft, weil ohne denselben keine Verbrennung stattfinden kann, das Holz, der Schwefel, der Phosphor und alle brennbaren Körper verschwinden, nachdem sie angezündet sind, allmählig, indem sie mit diesem Bestandtheile der atmosphärischen Luft eine innige chemische Verbindung eingehen, und dadurch in neue luftförmige, feste oder flüssige Stoffe verwandelt werden; ohne Zutritt der atmosphärischen Luft kann der Verbrennungsprozeß nicht eintreten und noch weniger unterhalten werden. Das Sauerstoffgas ist endlich auch Lebensluft genannt worden, weil seine Gegenwart wesentlich nothwendig ist zur Erhaltung des thierischen Lebens, es wird mit den übrigen Bestandtheilen der atmosphärischen Luft eingeathmet, bewirkt in den Lungen, indem es

Sauerstoffgas.

mit dem Blute in Berührung tritt, eine Veränderung des letzteren, und wird wiederum gasförmig, aber großentheils als ein ganz anderer Körper, nämlich als Kohlensäuregas ausgeathmet. Auch auf die festen Gesteine übt das Sauerstoffgas einen Einfluß aus, indem jene unter seiner Einwirkung nach und nach ihren Zusammenhang verlieren und zu einer lockeren Erde auseinander fallen; der Prozeß der Verwitterung der Gesteine ist zum Theil bedingt durch die Gegenwart des Sauerstoffes in der atmosphärischen Luft. Durch alle diese hier angedeuteten Prozesse der Gährung, des Verbrennens, des Faulens, des Athmens und der Verwitterung, welche täglich im Großen vor unseren Augen in der Natur stattfinden oder künstlich eingeleitet werden, wird eine nicht unbedeutende Menge von Sauerstoffgas aus der atmosphärischen Luft absorbirt, in einen gebundenen Zustand übergeführt, und es würde also die Menge dieses Körpers in der uns umgebenden Luft täglich geringer werden, wenn nicht eine Quelle vorhanden wäre, aus welcher eine ebensogroße Quantität reines Sauerstoffgas erzeugt würde und in jedem Augenblicke in die Atmosphäre ausströmte. Diese Quelle ist das Pflanzenreich; aus der lebenden Pflanze entweicht, wie wir in einem andern Abschnitte ausführlich nachzuweisen haben, unaufhörlich Sauerstoffgas und dieses vermischt sich, in Folge der fortwährend stattfindenden Bewegung in der Luft, so schnell und so innig mit den übrigen Bestandtheilen derselben, daß die quantitative Zusammensetzung der Atmosphäre, wenigstens soweit die bisherige Schärfe unserer Methoden zur Untersuchung derselben uns ein Urtheil hierüber gestattet, in keinem Augenblicke verändert und gestört wird. Die Pflanze dagegen, wie wir hier im Voraus schon anführen wollen, absorbirt einen anderen Bestandtheil der atmosphärischen Luft, nämlich das Kohlensäuregas, die Pflanze nimmt zu an Umfang und Größe, sie wächst und gedeiht vorzugsweise auf Kosten des in der Atmosphäre enthaltenen Kohlensäuregases, eines Stoffes also, welcher aus dem thierischen Körper ausgeschieden wird, und bei den Prozessen der Verbrennung, der Gährung und des Faulens in großer Quantität sich entwickelt. Es ist nirgends Ruhe in der Natur vorhanden, es findet eine stete Umwandlung der Stoffe, eine nie aufhörende Wechselwirkung statt zwischen dem Thier- und Pflanzenreiche und der unorganischen Welt, eine Wechselwirkung, aus welcher als Resultat hervorgeht, daß die Zusammensetzung des atmosphärischen Luftgemenges stets dieselbe bleibt, solcher Art, wie sie zur Erhaltung des organischen Lebens auf der Erdoberfläche erforderlich zu sein scheint.

2. Das **Stickstoffgas** ist gleichfalls ein Hauptbestandtheil der atmosphärischen Luft; das reine Stickstoffgas kann das thierische Leben nicht unterhalten, es bringt den Tod durch Erstickung hervor, nicht weil es an sich eigenthümliche giftige Eigenschaften besäße, sondern weil das zum Leben der Thiere unentbehrliche Sauerstoffgas demselben nicht mehr beigemengt ist. Das Stickstoffgas ist vielmehr ein indifferenter, bei allen in der Natur eintretenden Prozessen fast ganz gleichgültig sich verhaltender Körper, dessen Gegenwart in der atmosphärischen Luft völlig unnütz sein würde, wenn er nicht dazu diente, um die zu heftig und auf alles Lebendige wie Todte zerstörend einwirkenden Eigenschaften des andern Hauptbestandtheiles der uns umgebenden Luft, des Sauerstoffgases nämlich, zu mildern, — ähnlich wie man im Stande ist, durch das indifferente Wasser die verderblichen Wirkungen des Scheidewassers oder des Vitriolöls ganz oder zum Theil aufzuheben. Bestände die Atmosphäre aus reinem Sauerstoffgase, oder wäre dieselbe nur bedeutend reicher an dieser Substanz, als es wirklich der Fall ist, so müßte der ganze thierische Organismus ein anderer, ja die ganze Natur anders eingerichtet sein; in einer solchen sauerstoffreicheren Luft würde das Blut, welches in den Lungen mit dem zu concentrirten Sauerstoffgase in Berührung käme, zu stark afficirt werden, in eine heftige Entzündung gerathen, welche sehr bald den Tod des Individuums zur Folge hätte. Stickstoffgas.

Das Mengenverhältniß, in welchem der Stickstoff und der Sauerstoff, diese beiden bei weitem überwiegenden Bestandtheile der atmosphärischen Luft, in der letzteren auftreten, ist, wie schon angeführt wurde, unter allen Verhältnissen an allen Punkten der Erdoberfläche dasselbe, und beträgt für das Sauerstoffgas als Mittel der sehr nahe übereinstimmenden Resultate zahlreicher, mit großer Sorgfalt ausgeführter Analysen, dem Volumen nach beinahe 21 Proc., dem Gewichte nach dagegen fast genau 23 Proc., weil das Sauerstoffgas ein etwas größeres Gewicht besitzt als das Stickstoffgas; der Gehalt der Atmosphäre an dem letzteren Gase beträgt also, wenn man andere in nur geringer Menge auftretende Bestandtheile unberücksichtigt läßt, 79 Volum- und 77 Gewichtsprocente.

3. Als dritten wesentlichen Bestandtheil der atmosphärischen Luft haben wir schon im Anfange dieses Capitels das Kohlensäuregas angegeben und schon vorläufig auf die außerordentliche Wichtigkeit dieser Substanz für das Leben, für die Ernährung der Pflanzen aufmerksam gemacht. Es ist dieser Stoff nicht, wie die beiden andern Bestandtheile Kohlensäuregas.

der Luft, ein einfacher Körper, ein sogenanntes Element, sondern eine innige chemische Verbindung von Kohle und von Sauerstoff, so innig, daß die Eigenschaften dieser beiden Substanzen, die mit einander sich verbunden haben, gänzlich verschwunden sind und ein ganz neuer Körper, nämlich die Kohlensäure, entstanden ist. Dieses gleichfalls durchsichtige, farb- und geruchlose Gas bildet sich bei jeder Verbrennung vegetabilischer und thierischer Substanzen, die schwarze Kohle verwandelt sich vollständig in diese farblose Luft, wenn sie glühend mit dem in der Atmosphäre enthaltenen freien, unverbundenen, nur in einem mechanischen Gemenge mit dem Stickstoff vorhandenen Sauerstoffgase in Berührung gebracht wird; sie entwickelt sich beim Athmen der Thiere, bei der Gährung und dem Faulen organischer Substanzen, und muß also schon in Folge dieser mannichfachen chemischen Prozesse in der atmosphärischen Luft allenthalben verbreitet sein, wie dieses in der That die chemische Untersuchung nachgewiesen hat. Während aber der Sauerstoff und besonders der Stickstoff in so großer Quantität in die Zusammensetzung der Atmosphäre eingehen, ist die Menge der in derselben vorhandenen Kohlensäure eine verhältnißmäßig nur geringe. Der Gehalt der uns umgebenden Luft an Kohlensäuregas beträgt nämlich im Mittel der Resultate aus mehreren hundert Analysen dem Volumen nach 4,15 Zehntausendtheile; in 10,000 Th. atmosphärischer Luft wurden als Maximum 5,74 und als Minimum 3,15 Theile gefunden. Diese Untersuchungen wurden in dem zweiten und dritten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts von Theodor de Saussure zu Genf und in dessen Umgebungen ausgeführt. Da das Kohlensäuregas im reinen unvermischten Zustande reichlich $1\frac{1}{2}$ mal schwerer ist als die atmosphärische Luft, so entsprechen jenen 4,15 Volumtheilen ungefähr 6,4 Gewichtstheile und es sind daher in der wasserfreien Luft in 10,000 Gewichtstheilen enthalten an

Sauerstoff	. . . .	2300,0 Theile,
Stickstoff	. . . . .	7693,6 "
Kohlensäure	. . . .	6,4 "

oder wenn man das oben angegebene absolute Gewicht der ganzen Atmosphäre zu Grunde legt:

Sauerstoff	. . . .	1,210,663 Billionen Kilogr.
Stickstoff	. . . .	3,949,620 " "
Kohlensäure	. . .	3,370 " "
		5,163,623 Billionen Kilogr.

Schwankungen im Kohlensäuregehalte.

Die Bestimmung der in der Luft in jedem Augenblicke vorhandenen Kohlensäuremenge läßt sich mit großer Schärfe bis auf ein Hunderttausendtheil und selbst ein Milliontheil des Volumens der Atmosphäre ausführen, weit genauer, als dies bei den bisherigen Untersuchungen auf den Sauerstoffgehalt geschehen ist. In Folge dieser Vollkommenheit der anzuwendenden Methoden der Analyse hat namentlich der so eben angeführte berühmte Chemiker gewisse Schwankungen in dem Kohlensäuregehalte der Luft nachgewiesen, welche, obgleich sie nur um 2 bis 3 Zehntausendtheile des ganzen Luftvolums sich bewegen, dennoch offenbar an gewisse Ursachen und Gesetze gebunden sind. So stellte sich heraus, daß ein anhaltender Regen den Kohlensäuregehalt der Luft vermindert, weil das tropfbar flüssig werdende Wasser der Luft einen Theil ihrer Kohlensäure entzieht, die letztere in sich aufgelöst zurückhält; jedoch steht die Menge der Kohlensäure in näherer Beziehung zu der durch den Regen hervorgebrachten ausdauernden Nässe des Bodens als zu der aus dem Regen hervorgegangenen Wassermenge: ein feuchter Boden vermindert mehr die Kohlensäure in Folge einer von leichten, aber häufigen Regen begleiteten niedrigen Temperatur, als durch momentane Wirkung einer sich auf ein Mal ergießenden zehn Mal größeren Wassermenge. Aus demselben Grunde ist der Kohlensäuregehalt der Luft im Winter bei trockenem Froste größer als bei Thauwetter, über dem Meere oder großen Seen geringer als auf dem festen Lande. Am Tage ist der Kohlensäuregehalt in der Stadt größer als auf dem freien Lande, während der Nacht aber auf dem Lande größer als in der Stadt, welche Erscheinung mit Prozessen, die während der Vegetation der Pflanzen vor sich gehen, in direktem Zusammenhange steht. Der Kohlensäuregehalt der Luft ist ferner auf den Bergen größer als in der Ebene, ein Unterschied, welcher darin seine Erklärung findet, daß die Zersetzung der Kohlensäure vorzugsweise in den untersten Schichten, wo die Vegetation üppiger ist, stattfindet, und weil dieses Gas bei weitem mehr von dem ebenen Boden absorbirt werden muß, indem hier das Regenwasser einen langsameren Ablauf hat. Der erstere der hier angeführten Gründe erklärt auch die beobachtete Erscheinung, daß auf den höheren Bergen, im Gegensatz zu dem Verhalten in der Ebene, die Kohlensäuremenge in der Luft am Tage durch den Einfluß der Nacht wenig oder gar nicht vermehrt wird, zu welcher Gleichförmigkeit ebenfalls die freie Lage der Berge wesentlich beitragen mag, weil diese eine weit schnellere Mischung der verschiedenen Luft-

schichten gestattet, als dieses in den durch jene Berge geschützten Ebenen und tieferen Thälern der Fall ist, und weil die Mischung der gleich hohen Luftschichten schneller vor sich geht, als die der oberen mit den unteren, indem die Luftbewegungen häufiger in horizontaler Richtung stattfinden, als in vertikaler. Starke Winde und Stürme bewirken meistens eine Zunahme des Kohlensäuregehaltes, indem sie die kohlensäurehaltigere Luft der höheren Regionen mit der der unteren vermischen und zugleich den Unterschied in dem Gehalt während der Nacht und bei Tage fast aufheben. Das Maximum des Kohlensäuregehaltes tritt gegen Ende der Nacht ein, und das Minimum in der Mitte des Tages; die größte nächtliche Zunahme stieg bis auf $1/3$ des täglichen Gehalts; die beträchtlichsten oder schnellsten Veränderungen fanden zwischen dem Schlusse der Nacht und den ersten Tagesstunden statt; diejenigen, welche zwischen 9 Uhr Morgens und drei Uhr Nachmittags eintreffen, können mit den Beobachtungsfehlern zusammenfallen. Die Verdunkelung der Sonne durch die Wolken hindert nicht die nächtliche Zunahme des kohlensauren Gases; sie fand statt sowohl zur Zeit leichter und anhaltender Regen, als auch, wenn die Erde in Folge von langwierigen Regen ganz mit Wasser getränkt war; die Zunahme fällt nur unter diesen Umständen etwas geringer aus. Wenn gleich diese Schwankung auch stattfindet, wenn kein Thau eintritt, so wurden doch die bedeutendsten Zunahmen der Kohlensäure zur Zeit des häufigsten Thaues, und wenn die Tageshitze am meisten mit der Kühle der Nacht contrastirte, bemerkt.

In der Nähe von feuerspeienden Bergen, welche häufig bedeutende Mengen des Kohlensäuregases tief aus den untern Schichten der Erdrinde oder vielleicht selbst aus dem innersten Kern der Erde hervorstoßen, ferner auch in solchen Gegenden, wo, wie am Rheine oder im Böhmerlande, die vulkanische Thätigkeit seit lange schon zurückgedrängt ist, und nur das Auftreten von kohlensäurehaltigen Quellen (Sauerbrunnen) oder das Hervorströmen dieses Gases aus den Rissen und Spalten der Erdrinde noch an dieselbe erinnert, an solchen Orten müssen natürlich noch weit bedeutendere Schwankungen in dem Gehalte der umgebenden Atmosphäre an diesem für das Wachsthum der Pflanze so wichtigen Bestandtheile sich einstellen.

Jene oben angedeuteten Schwankungen in dem Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft sind allerdings scheinbar von sehr untergeordneter Wichtigkeit; wenn man aber bedenkt, daß der mittlere Gehalt

der Luft an diesem Gase über 3000 Billionen Kilogr. beträgt und durch jene Schwankungen dieser Gehalt fast um die Hälfte erhöht oder erniedrigt werden kann, und außerdem mit Saussure beherzigt, daß die Erforschung der Ursachen und Gesetze dieser Schwankungen der Meteorologie wichtige Aufschlüsse verschaffen kann, daß die Menge der Kohlensäure mit der Entwickelung und Ernährung des Pflanzenreiches in der engsten Verbindung steht, daß ferner die Verhältnisse der Kohlensäure in genauer Beziehung mit der Natur des Bodens, seinem Feuchtigkeitszustand und daher auch mit der Gesundheit des Klima's stehen, daß endlich diese in der Atmosphäre beobachtete Schwankung selbst im Allgemeinen Regelmäßigkeit darbietet, — so wird man wohl den angeführten Untersuchungen eine Bedeutung zuerkennen müssen, von welcher man früher keine Ahnung hatte.

b. Zufällig oder nur in höchst geringer Menge vorhandene Substanzen.

Außer den angeführten drei Hauptbestandtheilen der atmosphärischen Luft sind noch andere Gasarten vorhanden, welche, wie es scheint, nicht weniger allgemein verbreitet sind, aber stets nur in verschwindender, kaum bestimmbarer Menge auftreten und sich in der That in größeren Quantitäten gar nicht ansammeln können, sondern kürzere oder längere Zeit nach ihrer Bildung in der Luft selbst eine Zerstörung und Zersetzung erleiden oder im atmosphärischen Wasser aufgelöst, dem Erdboden wiederum zugeführt werden.

1. Von diesen Stoffen ist eine Gasart ziemlich verbreitet, nämlich das Kohlenwasserstoffgas, welches, wie der Name schon an- Kohlenwasserstoffgas.
deutet, eine innige gasförmige Verbindung ist von Kohlenstoff und Wasserstoff, ähnlich wie das Kohlensäuregas aus Kohlenstoff und Sauerstoff zusammengesetzt ist. Dieses Gas hat man an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche und an einem und demselben Orte zu verschiedenen Zeiten in abwechselnder Menge gefunden, von 3 bis zu 13 und sogar 30 Hunderttausendtheilen von dem Volumen der der Untersuchung unterworfenen Luft. Daß das Kohlenwasserstoffgas in der atmosphärischen Luft in der That vorhanden ist, ist schon aus dem Grunde wahrscheinlich, weil dieser Körper unter gewissen Bedingungen in bedeutender Menge aus faulenden organischen Substanzen sich entwickelt, namentlich in sumpfigen und morastigen Gegenden aus der humosen Masse entweicht, ebenso wie dieses auch tief unter der Erdoberfläche in vielen Steinkohlengruben geschieht, wo bekanntlich die Luft sich oftmals mit einem Gase

schwängert, welches durch die Lampe des Bergmannes angezündet, als sogenannte „schlagende Wetter" zu gefährlichen Explosionen Veranlassung giebt. Dieses aus den Steinkohlen, also auch aus den Ueberresten ursprünglicher Vegetabilien, sich entwickelnde Gas ist gleichfalls eine Kohlenwasserstoffverbindung, wie jene, die in neuerer Zeit in der atmosphärischen Luft aufgefunden worden ist und die in den Steinkohlengruben zuweilen stattfindenden Explosionen lassen uns zugleich die Ursache einsehen, weswegen dieses Gas in der uns umgebenden Atmosphäre nicht in bedeutender Menge sich ansammeln kann. Denn wie dort die Flamme der Bergmannslampe die Verwandlung des mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft in Berührung befindlichen Kohlenwasserstoffgases in Kohlensäuregas und Wasserdampf veranlaßt, so wird hier das Verschwinden desselben Gases durch die von Zeit zu Zeit stattfindende Entladung der Luftelektricität, durch den großen elektrischen Funken, welchen wir Blitz nennen, bewirkt. In Europa, wo die Gewitter selten sind, wird man dieses Verbrennen schwer begreifen können, hingegen unter dem Aequator erscheint dieses ganz einleuchtend, denn daselbst gehen das ganze Jahr, jeden Tag die elektrischen Entladungen in der Atmosphäre ununterbrochen fort, in dem Grade, daß, nach **Boussingault**, ein Beobachter, der ein sehr feines Gehör hätte, beständig das Getöse des Donners hören könnte. Auf solche Art dient also die Entwicklung des Kohlenwasserstoffgases und dessen Verbreitung in der atmosphärischen Luft dazu, bei seiner Verbrennung die Menge der Kohlensäure zu vermehren, und schließlich in der letzteren den Pflanzen ein unentbehrliches Nahrungsmittel zuzuführen, während jenes Gas als solches das Wachsthum der Pflanzen zu befördern nicht im Stande ist.

2. Eine andere gasförmige Substanz, die auch in der atmosphärischen Luft unter verschiedenen Umständen in größerer oder geringerer Menge zugegen sein muß, ist das **Ammoniak**, denn dieser Körper ist ebenfalls eins der letzten Zersetzungsproducte, in welche bei ihrer Verwesung alle organischen Substanzen sich schließlich auflösen, es ist der Stoff, welcher in dem gewöhnlichen Hof- oder Stalldünger den eigenthümlichen stechenden Geruch hervorbringt, der je stärker und durchdringender, auf einen um so höheren Werth und um so kräftigere Wirkung des Düngmittels schließen läßt. Das Ammoniak, welches wir später als einen vorzüglich das Wachsthum der Pflanze befördernden Stoff, als ein nothwendiges Nahrungsmittel derselben kennen lernen werden, kann

Ammoniak.

nur bei längerer Trockenheit und namentlich in der heißen Jahreszeit in bemerkbarer Menge in der atmosphärischen Luft verbreitet sein, bei regnigter, feuchter Witterung muß es aber vollständig aus derselben verschwinden, denn mit dem ersten Regen, welcher niederfällt, wird die ganze Quantität desselben, wegen seiner außerordentlich leichten Auflöslichkeit in Wasser, wegen seiner großen Anziehungskraft zu dem letzteren, wiederum dem Erdboden, aus welchem es luftförmig sich entwickelt hat, zurückgegeben und erst mit dem allmäligen Verdampfen der Feuchtigkeit sammelt es sich wieder in der Atmosphäre als Bestandtheil derselben an. In neuester Zeit hat man versucht, die Menge des zu einer gewissen Zeit in der Luft vorhandenen Ammoniakgases der Quantität nach zu bestimmen. So hat Fresenius in den Monaten August und September in der Luft von Wiesbaden, in einer Million Gewichtstheilen Luft bei Nacht 0,169 und am Tage 0,098, im Mittel 0,133 Gewichtstheile gefunden, woraus sich ergiebt, daß bei gleichförmiger Zusammensetzung die ganze Atmosphäre, ungefähr 700,000 Millionen Kilogr. Ammoniak enthalten würde. Gräger dagegen fand in der Luft bei Mühlhausen in 1,000,000 Th. Luft 0,323 und Kemp in der Luft, welche 300 Fuß über dem irländischen Meere aufgefangen worden war, sogar 3,68 Gewichtstheile Ammoniak.

3. Noch weit mehr als die so eben angeführten Gase an lokale Ursachen gebunden, sind das Schwefelwasserstoffgas und das Phosphorwasserstoffgas, welche aus faulenden organischen Substanzen sich entwickeln, namentlich an den Meeresküsten, wo die sehr schwefelhaltigen Ueberreste großer Massen von Seegräsern oder die stark phosphorhaltigen Körper todter Fische und anderer Seethiere einen, von diesen Gasen herrührenden eigenthümlichen Geruch verbreiten, und in heißen Sommermonaten förmlich eine Verpestung der Luft verursachen. Das erstere dieser Gase wird auch manchmal in Begleitung vulkanischer Ausbrüche beobachtet, namentlich solcher, die unter dem Meere stattfinden, und verunreinigt dann zum Nachtheil der Gesundheit der Thiere und Menschen die Luft auf viele Meilen im Umkreise, denn diese Gasart gehört zu den giftigsten Stoffen und schon ein Zweitausendtheil, in der atmosphärischen Luft verbreitet, ist hinreichend, um einen Hund zu tödten.

Schwefel- und Phosphorwasserstoffgas.

4. Endlich verbreiten sich auch eigenthümliche, sehr fein zertheilte, dem organischen Reiche angehörende feste, nicht gasförmige Substanzen in der Luft, welche von dem Erdboden durch sich entwickelnde Gase oder

Dünste, oder durch Luftströmungen mechanisch mit fortgerissen worden sind, und entweder unschädlicher Natur sind, wie z. B. der Blüthenstaub und allerlei Mineralsubstanzen, oder vermöge ihrer besonderen Beschaffenheit über die mit ihnen in Berührung kommenden lebenden Wesen Tod und Verderben bringen. Die letzteren sind die sogenannten

Miasmen. **Miasmen**, welche vorzugsweise in sumpfigen und morastigen Gegenden der Erdoberfläche sich erzeugen, von da zuweilen auch über andere Länder hin sich verbreiten und hier wie dort gefährliche Epidemien veranlassen; man betrachtet sie als fein zertheilte organische Körperchen oder Stäubchen, welche meistens von Ammoniak begleitet und vielleicht in demselben aufgelöst sind, als Producte der fauligen Gährung und Verwesung thierischer und vegetabilischer Stoffe, als noch selbst in der Verwesung begriffene Körper, welche die Fähigkeit besitzen, auf andere Organismen und namentlich den thierischen Körper ihren eigenen Zustand zu übertragen, indem sie mit dem Blute des letzteren bei dem Einathmen der mit ihnen geschwängerten Luft in Berührung treten.

B. Bestandtheile der atmosphärischen Wasser.

Wassergas in der Luft.

Der vierte wesentliche und überall leicht nachweisbare Bestandtheil der Atmosphäre ist das **Wassergas** oder der **Wasserdunst**, von welchem hier nur angeführt werden mag, daß dessen Menge im Mittel nahezu ein Volumprocent beträgt und natürlich nach Tages- und Jahreszeiten, wie nach den Temperaturverhältnissen und in Folge zahlreicher lokaler Ursachen vielfachem Wechsel unterworfen ist. Das Wasser verdunstet fortwährend von der Oberfläche der Erde, der Wasserdunst steigt, vermöge seiner großen Leichtigkeit, in die Höhe und sammelt sich in den oberen Regionen der Atmosphäre, mehr oder weniger von der Erdoberfläche entfernt, in immer größerer Menge an, verdichtet sich zu Wolken, und fällt wiederum, indem diese tiefer sich senken und die sie tragende Luftschicht denselben nicht mehr das Gleichgewicht zu halten vermag, in der Form von Regen, Schnee oder Hagel auf den Erdboden nieder; oder der Wasserdunst verdichtet sich während der Nacht, in Folge der sich erniedrigenden Temperatur, zu Thau. Alle diese atmosphärischen Niederschläge müssen die Bestandtheile der Atmosphäre in sich aufnehmen, weil diese mehr oder weniger in dem Wasser sich aufzulösen vermögen, und man kann daher auch aus der

Analyse des Regen- und Schneewassers rückwärts schließen auf den Gehalt der Atmosphäre an diesem oder jenem Bestandtheile.

1. Die Hauptbestandtheile der atmosphärischen Luft, das Sauerstoff- und das Stickstoffgas, sind, wie in jedem mit der Luft in Berührung befindlichen Wasser, auch in dem Regenwasser aufgelöst, und zwar ziemlich constant in gleichbleibender procentischer Zusammensetzung, nämlich etwa 31 Volumprocente Sauerstoff und 69 Proc. Stickstoff in der ganzen Luftmenge, welches man durch anhaltendes Kochen aus dem Wasser austreiben und in einem geeigneten Apparate auffangen kann. Das Kohlensäuregas dagegen findet sich in sehr abwechselnder Menge von 1 bis 4 und mehr Procenten in jenem Luftgemenge. Es ist also in der im Wasser aufgelösten atmosphärischen Luft eine größere Menge Sauerstoffgas enthalten, als in der Atmosphäre selbst, in welcher, wie oben angeführt wurde, nur 21, während hier 31 Proc. vorhanden sind, eine Einrichtung der Natur, welche deshalb getroffen zu sein scheint, weil dadurch das Wasser die Fähigkeit erhält, eine größere Anzahl von thierischen Organismen in sich zu beherbergen, indem die Wasserthiere gewöhnlich nicht unmittelbar aus der Luft den zu der Unterhaltung ihres Lebens nöthigen Sauerstoff einathmen, sondern wegen ihrer eigenthümlichen Organisation mit dem im Wasser aufgelösten sich zu begnügen gezwungen sind. Gasförmige Bestandtheile.

2. Außer den gasförmigen Substanzen, deren procentisches Mengenverhältniß nur unter besonderen Umständen eine Aenderung erleidet, enthalten die hier in Rede stehenden atmosphärischen Wasser stets auch eine kleine Menge fester, theils organischer, theils mineralischer Stoffe aufgelöst, die beim Verdampfen des Wassers als nicht flüchtige Körper auf dem Boden des Gefäßes zurückbleiben, und welche ebenfalls in der Atmosphäre in einem fein zertheilten Zustande sich mußten befunden haben, indem sie mechanisch durch Gas- und Windströmungen von der Erdoberfläche fortgerissen, durch den Regen oder Schnee der letzteren wiederum zugeführt werden. Die Quantität dieser festen im Regen- oder Schneewasser aufgelösten Substanzen ist allerdings eine, verglichen mit der in dem Quellwasser enthaltenen, nur sehr geringe, denn sie beträgt in einem Kilogramm Wasser nur wenige Milligramme, und sie wird auch eine verschiedene sein, je nachdem die Luft, aus welcher das Wasser sich niederschlug, mehr oder weniger, mit diesen fein zertheilten Körperchen geschwängert war; dennoch aber hat man aus den Resultaten mehrfacher Untersuchungen berechnet, daß nach einer mittleren Annahme Nicht flüchtige Bestandtheile.

der Regenmenge und dieses Gehaltes des Regenwassers an festen Substanzen, jährlich auf die Fläche einer Hectare (beinahe 4 Morgen Landes) fast 150 Kilogr. oder auf die Fläche einer Quadratmeile, $^1/_4$ Million Kilogramme von diesen festen, größtentheils mineralischen Stoffen niederfallen, und hierdurch erklärt sich das Vorkommen gewisser Mineralstoffe in der Asche von Pflanzen, welche auf einem Boden gedeihen, der, der chemischen Untersuchung zu Folge, vorher keine Spur jener Stoffe enthielt. Ohne für die Genauigkeit und Richtigkeit der angeführten Berechnungen einzustehen, will ich nur noch bemerken, daß man dieselben festen Stoffe in dem Regenwasser gefunden hat, die man auch, nur in verschiedenen Mengenverhältnissen in jedem andern Wasser antrifft, nämlich kohlensaure Kalkerde und Magnesia, Kochsalz, Gips, schwefelsaures Kali, Eisen, Thonerde, Kieselerde und organische, stickstoffhaltige Substanzen. Die Gewitterregen enthalten in der Regel noch kleine Quantitäten von Salpetersäure, gewöhnlich in chemischer Verbindung mit Ammoniak. Jener kleine Gehalt an salpetersauren Salzen rührt her von der Entladung der Luftelectricität, denn jedesmal, wenn ein Blitz aus der Gewitterwolke zur Erde niederfährt, wird eine chemische Verbindung derjenigen Sauerstoff- und Stickstofftheilchen bewirkt, welche unmittelbar von dem electrischen Funken getroffen oder berührt werden, ohne daß diese Verbindung seitwärts weiter den Bestandtheilen der atmosphärischen Luft sich mittheilt. Das Resultat jener chemischen Verbindung zwischen dem Sauerstoff und Stickstoff ist die Entstehung einer Spur von Salpetersäure.

Salpetersäuregehalt der Gewitterregen.

Zweiter Abschnitt.

Wirkung der atmosphärischen Stoffe auf den festen Theil der Erdoberfläche.

Entstehung der fruchtbaren Ackerkrume.

A. Zerstörung und Verwitterung der Gesteine.

Die Ackerkrume, welche den Pflanzen Nahrung und Befestigung gewährt, ist gewöhnlich aus zweierlei Stoffen zusammen gesetzt, sie besteht bei weitem zum größten Theile aus Mineralsubstanzen, wie Sand, Thon, Kalk und gewissen auflöslichen Salzen, zum kleineren Theile aus Stoffen, deren Ursprung im organischen Reiche der Natur zu suchen ist und die unter dem Namen von Humus oder humusartigen Substanzen bekannt sind. Wir sehen noch gegenwärtig an manchen Orten der Erdoberfläche feste, krystallinische Gesteinsmassen in Folge der atmosphärischen Einflüsse nach und nach sich abrunden, in kürzerer oder längerer Zeit bis zu einer größeren oder geringeren Tiefe zu einer lockeren Erde auseinander fallen, und ihre Oberfläche allmälig mit einer Vegetation sich überziehen, deren Ueberreste zu Humus umgewandelt, wiederum die Veranlassung werden zu der Bildung von neuen mannichfaltigen und immer üppiger sich entwickelnden Pflanzen. Die Geologie lehrt uns, daß es eine Zeit gegeben habe, zu welcher keine Pflanze auf der Erde sich entwickeln konnte, zu welcher noch keine Spur von Ackerkrume, ja nicht einmal von lockeren, erdigen Gesteinen vorhanden war; die ganze Erdrinde bestand einzig und allein aus festen, krystallinischen, harten Felsen, und aus deren Zerstörung ist allmälig erst das Allgemeine Bestandtheile der Ackerkrume.

Material geliefert worden zu der Ablagerung von erdigen Schichten und zu der Bildung einer nach und nach den größten Theil der Erdoberfläche überziehenden pflanzenernährenden Ackerkrume. Um die Erscheinungen und chemischen Prozesse, welche der Entstehung einer fruchtbaren Ackerkrume vorangehen oder dieselbe begleiten, in der nöthigen Klarheit aufzufassen, muß ich hier der Wissenschaft der Geologie ein Capitel entlehnen, in welchem man den Einfluß der atmosphärischen Bestandtheile auf die festen Gesteine, auf die mineralischen Stoffe der Erdoberfläche, oder die allmälige Zerstörung und Verwitterung der Felsmassen, die Bereitung des unorganischen zur Bildung der Ackerkrume erforderlichen Materials, erklärt und beschrieben findet.

Zerstörung der festen Gesteine.

Die Zerstörung der Gesteinsmassen findet statt unter dem doppelten Einflusse von mechanischen und von chemischen Kräften. Mechanisch wirken die tropfbar und elastisch flüssigen Stoffe, d. h. das Wasser und die Luft durch ihre Masse, durch den Druck ihres Gewichtes, entweder im Zustande der Ruhe oder hauptsächlich, wenn sie in gewaltsamer Bewegung sich befinden, sei es, indem das atmosphärische Wasser aus den Wolken gewaltsam auf die Erde niederstürzt, oder aus den höheren Theilen der Gebirge, über steile Abhänge hinrauschend, die niedrigeren Gegenden mit Sand- und Schlammmassen anfüllt, sei es, indem die durch gewaltige Stürme aufgeregten Wogen des Meeres gegen die Ufer anbrausen, und die hier befindlichen festen Felsmassen untergraben, zerbröckeln und zerstören. Selbst die Luft, wenn sie durch Orkane in Bewegung gesetzt wird, wie sie Bäume entwurzeln und Häuser umzustürzen im Stande ist, trägt bei zur mechanischen Zerstörung der Gesteine.

Mechanische oder physikalische Ursachen.

Den Beginn des Zerfallens fester krystallinischer Gebirge bezeichnet das Entstehen vielfacher feiner Risse und Spalten an ihrer Oberfläche, in Folge hauptsächlich des stets in der Atmosphäre stattfindenden Temperaturwechsels. Alle Körper, die festen sowohl, wie die flüssigen und gasförmigen, ziehen sich bei ihrer Abkühlung, bei Erniedrigung der Temperatur, in einen kleinern Raum zusammen, während sie durch den Einfluß der Wärme sich ausdehnen. Gleichmäßig, ohne Störung der gegenseitigen Lage ihrer kleinsten Theilchen, geschieht dieses nur bei gleichartig in ihrer ganzen Masse zusammengesetzten, bei homogenen Körpern und auch bei diesen nur, wenn sie zu gleicher Zeit in allen ihren Theilen der Erwärmung oder der Abkühlung ausgesetzt sind. Die Felsarten enthalten aber fast durchgängig mehrere ungleichartige Be-

standtheile, sie enthalten verschiedene Mineralien, welche in einem mechanischen Gemenge neben einander gruppirt liegen. Diese verschiedenen Mineralien erleiden nun durch Temperaturveränderungen eine ungleiche Ausdehnung oder Zusammenziehung; außerdem wird nur die Oberfläche des Gesteins von dem Temperaturwechsel der Atmosphäre getroffen, während das Innere desselben keinen Theil daran hat. Hierdurch muß also der Zusammenhang mehr oder weniger schnell aufgehoben werden, es entstehen kleine Risse, welche einmal entstanden wegen der Starrheit, der Unbeweglichkeit der Masse nicht wieder verschwinden können, sondern an Zahl immer zunehmend von der Oberfläche aus immer tiefer in das Innere des Gesteines eindringen. In den so entstandenen Rissen sammelt sich die atmosphärische Feuchtigkeit, sie füllen sich von Zeit zu Zeit mit Regenwasser an, welches schon durch sein Gewicht auf die Seitenwände der Spalten drückt, vermöge der Beweglichkeit seiner Theilchen in die kleinsten Poren der Gesteine eindringt, und in Folge seiner größeren Zusammenziehung und Ausdehnung durch den Temperaturwechsel, immer mehr zum mechanischen Auseinanderreißen der festen Masse beiträgt. Ganz besonders erfolgt aber die letztere Erscheinung im Winter durch das oft sich wiederholende Gefrieren des Wassers. Dieses hat nämlich, verschieden von anderen Flüssigkeiten, die Eigenschaft, nur bis zu einem gewissen Grade mit der Abkühlung auf ein kleineres Volumen sich zusammenzuziehen, es hat bei ungefähr + 4° seine größte Dichtigkeit und Schwere, von diesem Punkte an bis zu seiner Erstarrung bei 0° nimmt es wiederum an Umfang zu, das feste Eis ist leichter als das flüssige Wasser, das erstere schwimmt auf dem letzteren. Die Kraft, mit welcher diese Ausdehnung des Wassers bei seinem Uebergange in den festen Zustand stattfindet, ist eine außerordentlich große, nichts vermag derselben zu widerstehen; man hat hohle eiserne Kugeln mit dicken Wänden, ganz mit Wasser angefüllt, bei dem Gefrieren desselben zerspringen sehen. Aus derselben Ursache werden auch große Felsmassen von einander losgerissen, bei dem Aufthauen des Eises verlieren sie ihren Stützpunkt und stürzen zerbröckelnd und zerfallend in die Thäler hinab, wo sie am Fuße der Felsen durch dieselben Einflüsse eine immer größere Zerkleinerung erleiden. Das strömende Wasser der Flüsse oder die Wogen des Meeres treten mit diesen Trümmern in Berührung, runden sie ab und führen sie immer mehr zerbröckelnd oftmals weit von ihrer ursprünglichen Lagerstätte fort, um in einem ruhigeren Wasser diese mechanisch

zerfallenen Gesteine wiederum abzulagern. Diese Massen werden dann später, wenn vielleicht durch irgend eine Ursache das Wasser aus seinem alten Bette sich entfernt und das Land trocken gelegt wird, die erste Veranlassung zu der baldigen Entstehung einer fruchtbaren Ackerkrume. Die Vegetation selbst, wo sie einmal angefangen hat, die kahle Oberfläche der Felsen zu bedecken, ist auch thätig für die Zertrümmerung des Gesteins, indem die Wurzeln in die kleinsten Risse und Spalten eindringen, und wenn sie durch die Kraft der Vegetation an Länge und Umfang zunehmen, in Folge dieser Ausdehnung gleichsam wie Hebel und Keile wirken, und größere oder kleinere Stücke vom Muttergesteine loszulösen im Stande sind.

In der Natur ist Alles in einer steten Wechselwirkung begriffen, fast kein in derselben auftretender Prozeß steht für sich allein da, man muß das Ganze der Natur begreifen, wenn man eine einzelne Erscheinung in allen ihren Ursachen und Folgen gründlich erklären und verstehen will.

Chemische Ursachen.

So nehmen auch die mechanischen Kräfte an der Zerstörung und Zertrümmerung der festen Gesteine niemals ausschließlich Theil, sie werden stets begleitet und unterstützt durch den gleichzeitigen Einfluß chemischer Prozesse; und das schließliche Resultat aller dieser zusammenwirkenden Kräfte ist die Bildung einer lockeren, erdigen, oft fast staubähnlichen Masse, dem Hauptbestandtheile eines gleichmäßig der Entwicklung aller Pflanzen günstigen Grund und Bodens, soweit Klima, Lage und lokale Verhältnisse überhaupt diese gestatten.

Den chemischen Prozeß, durch welchen die festen Gesteine in kürzerer oder längerer Zeit eine wesentliche Veränderung erleiden, indem aus ihnen einzelne Bestandtheile ausgeschieden oder durch Hinzufügung von außer ihnen befindlichen Stoffen ganz andere Körper entstehen, nennt man vorzugsweise den Verwitterungsprozeß der Gesteine. Diese Umwandlung, eingeleitet und begünstigt durch die bereits angedeuteten mechanischen Einflüsse, ist bedingt durch die Einwirkung der Bestandtheile unserer Atmosphäre auf die in den festen Felsmassen vorkommenden eigenthümlichen Stoffe und Verbindungen. Von den Bestandtheilen der Atmosphäre ist es hauptsächlich wiederum das Wasser, welches hier chemisch zersetzend und verändernd thätig ist, außerdem ist für diesen Prozeß auch die Gegenwart des Sauerstoffgases und des Kohlensäuregases von Bedeutung, während das Stickstoffgas, wie überhaupt fast bei allen Prozessen, auch hier sich indifferent verhält, keinerlei direkten Einfluß äußert. Ehe ich näher auf den Verlauf des Ver-

witterungsprozesses eingehe, muß ich einige allgemeine Bemerkungen über die Zusammensetzung der Gesteine überhaupt vorausschicken, während ich hinsichtlich des Speciellen dieser Zusammensetzung auf die in einem anderen Abschnitte abgehandelte Bodenkunde verweise.

Der Theil unseres Erdkörpers, welcher unmittelbar unter der mit einer Vegetation überzogenen Oberfläche liegt, besteht, wie bekannt ist, entweder aus lockeren, erdigen, losen Sand- Thon- und Kalkmassen, die oft auch ziemlich dicht und fest werden und nicht selten deutlich schichtenweise übereinander sich abgelagert haben, oder er wird gebildet von harten, festen, durch und durch zusammenhängenden Gesteinen, welche gewöhnlich aus größeren oder kleineren, mehr oder weniger deutlich von einander sich unterscheidenden Krystallen zusammengesetzt sind. Die letzteren, die sogenannten krystallinischen Gesteine, bilden hier allein den Gegenstand unserer Betrachtung, denn aus ihnen ist im Verlaufe von Millionen Jahren durch den unter dem Einfluß mechanischer und chemischer Kräfte stattfindenden Verwitterungsprozeß, fast die ganze Masse des Materials zur Bildung der ersteren, erdigen und geschichteten Steinablagerungen erzeugt worden. Verschiedenheit der Gesteine.

Die gewöhnlichen krystallinischen Gesteine sind nur aus einer geringen Anzahl verschiedener Mineralien zusammengesetzt, von denen ich für unseren Zweck nur Quarz, Feldspath, Glimmer, Augit und Hornblende zu nennen brauche. Diese Mineralien, welche in den krystallinischen Gesteinen in verschiedener Menge und auf verschiedene Weise neben einander gelagert vorkommen, zerfallen wiederum in zwei Classen, je nachdem sie unter ihren Bestandtheilen in größerer Menge Alkalien, nämlich Kali oder Natron, die Grundbestandtheile der Pottasche und der Soda, enthalten oder eine bedeutende Quantität von Eisen in ihnen vorhanden ist; zu der ersteren Classe gehören der Feldspath und der Glimmer, zu der letzteren der Augit und die Hornblende, während der Quarz für sich allein dasteht und weder Alkalien noch Eisen enthält. Jene alkali- und eisenhaltigen Mineralien sind der Verwitterung ausgesetzt, der Quarz aber nicht, er besteht aus reiner Kieselerde, aus einem Stoffe, welcher durch keinerlei atmosphärischen Einfluß eine chemische Zersetzung oder Umwandlung erleiden kann, er wird nur durch die bereits angedeuteten mechanischen Kräfte allmälig zerbröckelt und liefert in seiner Zertrümmerung lose Sandmassen, oder hat in früheren Perioden der Erdgeschichte das Material für die Bildung mächtiger Sandsteinablagerungen hergegeben. Die am gewöhnlichsten auftretenden krystallinischen Gesteine sind entweder Gemenge von Feldspath, Vorherrschende Mineralien. Nähere Bestandtheile derselben.

Quarz und Glimmer, wie der Granit und der rothe Porphyr, oder sie enthalten neben einem feldspathartigen Mineral als wesentlichen Gemengtheil Augit oder Hornblende, zwei Mineralien, welche vermöge ihres großen Eisengehaltes meist eine dunkelgrüne oder schwarze Farbe besitzen, und dieselbe auch den Gebirgsarten mittheilen, in deren Zusammensetzung sie eingehen, Gebirgsarten, die man eben wegen dieser dunklen Färbung Grünsteine und schwarze Porphyre zu nennen pflegt; zu der letzteren Classe der Gesteine kann man auch den bekannten Basalt rechnen. Die einfacheren Stoffe, aus welchen die angeführten Mineralien zusammengesetzt sind, sind beim Feldspath außer den Alkalien noch Thonerde und Kieselerde; der Glimmer besteht aus denselben Stoffen, nur enthält er eine geringere Menge von Alkalien als der Feldspath und häufig außerdem noch Magnesia; die schwarzen Mineralien, der Augit und die Hornblende sind Verbindungen der Kieselerde mit Eisen, Kalkerde und Magnesia, oft auch mit Thonerde, während keine Spur von Alkalien in ihnen vorhanden ist.

Verschiedene Arten der Verwitterung.

Es giebt hauptsächlich zweierlei Arten von Verwitterung der Gesteine, die eine Art tritt nur bei den alkalihaltigen Mineralien auf, also bei dem Feldspath und Glimmer, die andere betrifft die dunkeln eisenhaltigen Gesteine. Häufig wirken auch beide Arten gleichzeitig auf ein und dasselbe Gestein ein. Bei der einen Art der Verwitterung zerfällt das Mineral in zwei neue Körper, die Bestandtheile des Minerals fallen gleichsam auseinander und legen sich auf eine andere Weise und nach einer anderen Ordnung wiederum neben einander; bei der anderen Art der Verwitterung wird zunächst durch Hinzutreten des atmosphärischen Sauerstoffes zu den schon vorhandenen Bestandtheilen des Gesteines der Zusammenhang des letzteren aufgehoben und die Umwandlung in eine erdige thonige Masse bewirkt. Wir betrachten zuerst die Verwitterung des Feldspaths.

Verwitterung des Feldspathes.

Der Feldspath zerfällt bei seiner Zersetzung in zwei neue Verbindungen, von denen die eine in Wasser auflöslich ist, nämlich die neuentstandene Verbindung eines Theiles der Kieselerde mit der ganzen Menge des Alkali's, die andere ist in Wasser unlöslich und eine Verbindung von dem anderen Theile der Kieselerde mit der ganzen vorhandenen Quantität der Thonerde. Der letztere Körper ist in Wasser unlöslich, aber er enthält Wasser chemisch gebunden, in einem festen, verborgenen Zustande unter seinen Bestandtheilen, es ist der Körper, den wir in seiner reinsten Abart **Kaolin** oder **Porzellanerde** nennen

und welcher dann außer Thon- und Kieselerde etwa 13 Proc. Wasser chemisch gebunden enthält, in seinen unreinen Varietäten aber, gemengt mit Kalkerde, Sand, Eisen- und anderen Metalloxyden, unter dem Namen von Thon oder Lehm bekannt ist. Die zersetzend auf den Feldspath einwirkende Ursache liegt hier zunächst in dem in steter Berührung mit demselben befindlichen atmosphärischen Wasser. Das Wasser nämlich hat hier das doppelte Bestreben, einmal mit auflöslichen Mineralstoffen sich zu sättigen, andererseits mit dem neu sich bildenden unlöslichen Körper eine chemische Verbindung einzugehen. Wir wissen aus zahlreichen Versuchen, welche wir täglich in unseren Laboratorien im Kleinen ausführen, daß starke Säuren, wie Salpetersäure, Salzsäure oder Schwefelsäure, und starke Basen, wie die Alkalien, im Stande sind, auf viele Mineralien energisch zerstörend einzuwirken, einzelne Bestandtheile aus denselben auszuziehen und aufzulösen, andere ungelöst zurückzulassen. Auf ähnliche Weise wirkt auch das Wasser auf die festen Gesteine ein, aus denen sich auflösliche Stoffe abscheiden, wie namentlich auf den Feldspath; das Wasser ist gleichsam die schwächste aller Säuren und aller Basen. Was wir mittelst jener starken Agentien in wenigen Augenblicken, aber nur ganz im Kleinen, zu bewirken im Stande sind, das führt die Natur durch das so schwache Mittel des Wassers im Großen aus, aber in unendlich langen Zeiträumen, so langsam, daß ein Menschenleben noch bei weitem nicht hinreicht, um einen wesentlichen Erfolg dieser Einwirkung zu beobachten, aber dennoch ist dieser Prozeß thätig fort und fort, ohne Aufhören, in jedem Augenblicke, an jedem Punkte der Erdoberfläche, und das Resultat dieser durch viele Millionen und Billionen von Jahren, von dem Uranfange aller Dinge auf unserer Erdkugel bis zu der Gegenwart fortgesetzten Einwirkung, ist die Bildung aller jener ungeheuren Thon- und Lehmmassen, welche wir aller Orten die Erdoberfläche bedecken und oft noch Tausende von Fuß tief unter derselben die Gesteine zusammensetzen sehen, Thonablagerungen, deren Material ohne Ausnahme durch die Verwitterung ursprünglich fester, krystallinischer Gesteine und vor allen andern durch Zerstörung des Feldspaths geliefert wurde, während die in demselben vorhanden gewesenen Alkalien aus dem unlöslichen Thon großentheils ausgewaschen wurden, von dem Wasser fortgeführt in Quellen, Flüssen, Seen und in dem Meere aufgelöst sich erhielten oder wieder andere unlösliche Verbindungen eingingen, von denen wir später bei dem Wachsthum und der Ernährung der Pflanzen ein wichtiges Beispiel anzuführen haben werden.

Des Glimmers. Der Glimmer, ebenfalls ein häufig als Gemengtheil der festen krystallinischen Gesteinsmassen auftretendes Mineral, erleidet unter demselben Einflusse, wie der Feldspath, dieselbe Zersetzung; aber die Verwitterung desselben findet ungleich langsamer statt, weil der Glimmer bedeutend geringere Mengen von auflöslichen Alkalien enthält und diese mit um so größerer Kraft gebunden in sich zurückhält. Wir bemerken daher auch oftmals, daß der Glimmer sich noch völlig glänzend und unverändert erhalten, nur eine mechanische Zerkleinerung erlitten hat, während der Feldspath schon ganz und gar verwittert und zu Pulver zerfallen ist; oftmals sehen wir gewissen Bodenarten eine große Menge kleiner stark glänzender Blättchen beigemengt, die eben Glimmer sind, und den unverwitterten Gemengtheil der Gebirgsart bilden, auf deren Oberfläche allmählig eine fruchtbare Ackerkrume entstanden ist, aber dennoch sind auch diese Glimmerblättchen unter der nie aufhörenden Einwirkung des scheinbar so unschuldigen Wassers, schließlich der Zerstörung geweiht, ihre Bestandtheile fallen auseinander, und bieten in ihrem aufgelösten Zustande, den auf diesem Boden sich entwickelnden Pflanzen eine willkommne Nahrung dar.

Des Augits und der Hornblende. Die zweite Art der Gesteinsverwitterung betrifft namentlich die schwarzen Mineralien, nämlich den Augit und die Hornblende. Diese Fossilien enthalten unter ihren Bestandtheilen bedeutende Mengen von Eisen und dieses zwar in einem oxydirten Zustande, d. h. in einer Verbindung mit Sauerstoff (Oxygen), die wir Eisenoxydul nennen, in welcher das Eisen die Fähigkeit hat, den mit ihm vermischten Stoffen jene grüne Färbung mitzutheilen; dieselbe Verbindung des Eisens ist auch in dem bekannten grünen Vitriol und in dem noch bekannteren grünen Bouteillenglase der färbende Bestandtheil der Masse. Das in dem Augit und in der Hornblende enthaltene Eisen ist aber keineswegs mit dem ihm zu Theil gewordenen Sauerstoff zufrieden gestellt, es hat ein mächtiges Bestreben in sich, sich vollständig mit diesem Körper zu sättigen, es zieht das in der Atmosphäre allenthalben in großer Menge vorhandene Sauerstoffgas an und verbindet sich mit einem Theile desselben. Durch diese vollständige Sättigung mit Sauerstoff wird ein neuer und zwar gelblich-roth gefärbter Körper gebildet, der jetzt Eisenoxyd heißt. Aehnlich wie wir bemerken, daß ein Krystall des grünen Eisenvitriols, welchen man eine Zeit lang dem Einfluß der atmosphärischen Luft aussetzt, sehr bald seine Durchsichtigkeit verliert, nach und nach mit einer gelbrothen erdigen Haut sich überzieht, die immer dicker wird, end-

lich die ganze Masse durchdringt und diese völlig in eine lockere Erde verwandelt, ganz ebenso und aus derselben Ursache werden auch jene grün gefärbten Mineralien zersetzt, sie verlieren ihre Krystallinität und zerfallen zu einer lockeren eisenhaltigen Thon- und Kalkmasse auseinander. Der angeführte Prozeß der Verwitterung, wenn auch hauptsächlich durch die Gegenwart des Sauerstoffgases bedingt, wird unterstützt und beschleunigt durch Wasser und die stets in demselben aufgelöst vorhandene freie Kohlensäure. Durch das Wasser werden die auf einander einwirkenden Stoffe in eine innigere Berührung gebracht, und die Kohlensäure sucht auch chemisch mit verschiedenen Bestandtheilen jener Mineralien sich zu verbinden, mit dem Eisenoxydul, der Kalkerde und der Magnesia.

Wir haben jetzt durch den zusammenwirkenden Einfluß verschiedener Kräfte von der allmähligen Zerstörung der festen über die Erdoberfläche verbreiteten massigen Gesteine uns Rechenschaft gegeben, von dem Auseinanderfallen derselben zu einer lockeren erdigen Masse, welche den Wurzeln der Pflanzen mit Leichtigkeit in das Erdreich einzudringen gestattet, und die bei weitem zum größten Theile ein mechanisches Gemenge ist von Quarzsand oder einem aus kleineren oder größeren Bruchstücken mechanisch zertrümmerter Gebirgsarten gebildeten Sande, und von Thon, welches durchdrungen ist von feinzertheiltem kieselsaurem Kali, Natron, von Kalkerde, Magnesia, Eisenoxyden und verschiedenen anderen Metalloxyden.

Zu der Bildung einer fruchtbaren Ackerkrume ist, wie wir bald näher sehen werden, die Gegenwart kleiner Mengen noch einiger anderer Mineralstoffe nothwendig, nämlich von Phosphorsäure, Schwefelsäure und Chlor, welche mit den angeführten Erden meistens in einer festen chemischen Verbindung sich befinden. Der Ursprung dieser Stoffe in der Ackerkrume ist gleichfalls nicht schwierig zu erklären, wenn wir bedenken, daß schwefelhaltige Mineralien in fast allen Gesteinsarten in größerer oder geringerer Menge auftreten, welche bei ihrer Verwitterung unter dem Einflusse des atmosphärischen Sauerstoffes zu der Entstehung von Schwefelsäure die Veranlassung geben, und ferner daß das Chlor in Verbindung gewöhnlich mit Alkalien in allen Wassern, in dem Meerwasser nicht allein, sondern auch im Flußwasser, in dem die Ackerkrume durchdringenden Quellwasser und selbst in dem Regenwasser, welches auf die Erde niederfällt, in nicht unbedeutender Menge vorhanden ist.

Ursprung der Schwefelsäure und des Chlors in der Ackerkrume.

Ursprung der Phosphorsäure. Die Phosphorsäure bildet mit Kalkerde verbunden den Apatit, ein Mineral, welches freilich selten in großen Parthien vorkommt, aber dennoch fast in allen Gesteinen jeden Alters in kleiner Quantität auftritt, und daher im Stande ist, aus dem Boden von den Wurzeln der Pflanze aufgenommen und durch den Saft derselben nebst anderen die Vegetation befördernden Mineralsubstanzen in alle Theile der Gewächse hinübergeführt zu werden.

Wie diese Bestandtheile des Bodens und diejenigen der Atmosphäre zur Vergrößerung, zum Wachsthum der Pflanze beitragen können, in welcher Form sie derselben dargeboten werden, und welche Umwandlungen sie in der lebenden Pflanze durch die Kraft der Vegetation erleiden, das ist die Aufgabe, deren Lösung in dem nächsten Abschnitte dieser Abhandlung uns bevorsteht. Vorher aber müssen wir noch einen kurzen Blick werfen auf noch einige andere in der Ackerkrume vorhandene Körper, deren Ursprung in dem organischen Reiche zu suchen ist, auf die Zersetzung, welche thierische und namentlich vegetabilische Ueberreste iu der Ackerkrume erleiden.

B. Humusbildung.

Mit dem Aufhören des Lebens, der organischen Thätigkeit in der Pflanze, wie in dem Thiere, fallen die todten Ueberreste der Organismen der zerstörenden Einwirkung der atmosphärischen Bestandtheile anheim. Wie die Verwitterung der festen Steinmassen durch den Einfluß des Wassers hauptsächlich und des Sauerstoffgases bewirkt wird, so sind es wiederum dieselben Bestandtheile der atmosphärischen Luft, welche auch auf todte organische Körper zersetzend einwirken. Die Fäulniß und Verwesung der letzteren ist außerdem noch durch die Gegenwart einer hinreichend hohen Temperatur (wenigstens 9 bis 10^0) bedingt. Für die Erklärung der Humusbildung in der Ackererde, in welcher diese verwesten organischen Stoffe immer nur in verhältnißmäßig geringer Menge auftreten, indem sie gewöhnlich kaum 1—2, selten mehr als 4—5 Proc. der völlig ausgetrockneten Erde ausmachen, können wir uns hier beschränken auf die Zersetzung, welche die vegetabilischen Substanzen unter den angegebenen Einflüssen erleiden; namentlich auch deshalb, weil der nicht in Cultur genommene Boden und die auf demselben wildwachsenden Pflanzen nur in geringer Menge mit thierischen Ueberresten in Berührung kommen.

Die Pflanze besteht ihrer Hauptmasse nach aus der vegetabilischen Faser, oder der Holzfaser, überhaupt aus solchen Substanzen, welche innige chemische Verbindungen sind von 3 einfachen Körpern, von Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, und zwar sind die beiden letzteren Stoffe in ihnen grade in solchen quantitativen Verhältnissen vorhanden, wie sie das Wasser bilden, d. h. die Holzfaser zum Beispiel kann angesehen werden als bestehend aus Kohlenstoff und Wasser, ohne jedoch daß man annehmen könnte, das letztere wäre wirklich als solches vorhanden, es sind nur die Bestandtheile desselben zugegen und alle 3 angeführten Stoffe sind so innig mit einander verbünden, daß man das Wasser nicht austreiben kann, ohne gleichzeitig einen Theil des Kohlenstoffes in verschiedenen neuen Verbindungen mit den Bestandtheilen des Wassers zu entfernen. In der Ackererde, bei der Zersetzung der vegetabilischen Faser entwickelt sich unter Aufnahme von atmosphärischem Sauerstoff nur Kohlensäuregas und es scheidet sich Wasser aus, zwei Nahrungsstoffe für die Pflanze, in welche schließlich die ganze Masse der Holzfaser sich verwandelt, während in den Sümpfen oder Morästen, — wo eine große Masse organisch-vegetabilischer Substanz angehäuft ist und zugleich durch die Gegenwart von einer großen Menge Wasser der leichte Luftwechsel und damit der vollkommene Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes verhindert wird, — außerdem noch andere gasförmige Substanzen entweichen und in der atmosphärischen Luft sich verbreiten, von denen das Sumpfgas, ein Kohlenwasserstoffgas, das bekannteste Zersetzungsproduct ist und schon oben vorläufig erwähnt wurde. In der Ackererde jedoch, in welcher nur verhältnißmäßig wenige organische Ueberreste zugegen sind, und ebenso das Wasser gewöhnlich kaum hinreicht die lockere Krume anzufeuchten, während der atmosphärische Sauerstoff in der Regel leicht Zutritt hat und ihm eine große Oberfläche dargeboten wird, hier findet, wie es scheint, die Zersetzung der vegetabilischen Masse fast unter alleiniger Bildung von Kohlensäure und Wasser statt. Ehe jedoch die letzte gänzliche Auflösung der Holzfaser in Wasser und Kohlensäure eintritt, verwandelt sie sich zunächst in den sogenannten Humus. Fäulniß und Verwesung der Holzfaser.

Der **Humus** ist nach dem, was wir angeführt haben, kein bestimmter, scharf charakterisirbarer Körper, sondern eine Substanz, die fortwährend in Zersetzung begriffen ist, also alle Augenblicke seine Zusammensetzung verändert und in Folge seiner Auflösung in Wasser und Kohlensäure, sehr bald gänzlich aus der Ackererde verschwinden müßte, wenn nicht die jährlich in der letzteren wachsenden und gedeihenden

Pflanzen in ihren Ueberresten dem Boden immer neue Quellen zur Humusbildung lieferten, oder durch die Cultur dem Acker in dem reichlichen Dünger vegetabilische Stoffe hinzugeführt würden.

Die Beobachtungen und chemischen Untersuchungen stimmen mit dem hier Gesagten vollkommen überein. So verwandelten nach Saussure z. B. 240 Th. Eichenspähne, mit 10 Cubikzoll Sauerstoffgas eine kurze Zeit in Berührung, dieses in beinahe ebensoviel kohlensaures Gas, welches 3 Gewichtstheile Kohlenstoff enthält; das Gewicht der Spähne fand sich aber um 15 Th. vermindert und es hatten sich also bei jener Einwirkung noch 12 Gewichtstheile Wasser von den Elementen des Holzes getrennt. Trocknes, frisches Eichenholz enthielt in 100 Th. 52,53 Kohlenstoff und 47,47 Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältniß, wie im Wasser; vermodertes Eichenholz, das aus dem Innern eines hohlen Eichenstammes genommen war, eine chocoladenbraune Farbe besaß und noch vollkommen die Structur des Holzes zeigte, enthielt 53,36 Kohlenstoff und 46,44 Wasserstoff und Sauerstoff ebenfalls in dem Verhältniß, wie im Wasser; eine andere Probe einer ähnlichen Substanz, von lichtbrauner Farbe und leicht zerreiblich zu feinem Pulver, gab 56,211 Kohlenstoff und 43,789 Wasser. Man sieht also, daß, obgleich natürlich die absolute Menge des Kohlenstoffes sich vermindert, der relative Gehalt desselben, je weiter die Vermoderung fortschreitet, immer zunimmt, welches aus dem Grunde nothwendig geschehen muß, weil stets außer der entweichenden Kohlensäure auch eine entsprechende Menge Wasser aus der Verbindung mit dem zurückbleibenden Kohlenstoff austritt. Ich theile die von Liebig aufgestellte Ansicht, daß der Sauerstoff nicht unmittelbar mit dem Kohlenstoffe der vegetabilischen Substanz zu Kohlensäure in Verbindung tritt, sondern daß er mit dem Wasserstoff der frischen organischen Masse Wasser erzeugt, wodurch wieder auf der anderen Seite der Sauerstoff und der Kohlenstoff in eine innigere Berührung gebracht werden und zu Kohlensäuregas sich verbinden können. Das neu sich erzeugende Wasser bleibt noch zum Theil in einer loseren Verbindung mit dem Kohlenstoffe zurück und bewirkt, nach Liebig, daß das vermoderte Holz, obgleich es reicher an Kohlenstoff als das frische ist, nicht mehr mit Flamme brennt, sondern nur verglimmt.

Verschiedene Benennung der Humussubstanzen.

Die durch die Fäulniß organischer Körper in der Ackerkrume sich erzeugenden Substanzen hat man unter dem allgemeinen Namen von Moder, Dammerde, Humus oder Humussäure zusammenge-

faßt, in der neuesten Zeit jedoch, je nach der mehr oder weniger fortgeschrittenen Zersetzung und je nachdem man einzelne Verschiedenheiten in ihrem chemischen Verhalten und ihrer Zusammensetzung gefunden hat, einer Reihe Humussubstanzen besondere Benennungen beigelegt, wie Quellsäure, Quellsatzsäure, Geinsäure, Huminsäure, und Humin, Ulminsäure und Ulmin. Ich führe nur die Namen dieser Substanzen an, weil ihre Unterschiede zu fein sind, um hier Berücksichtigung zu verdienen, und weil der wohlthätige Einfluß auf das Wachsthum der Pflanzen, welchen man einzelnen von ihnen vorzugsweise zuschreibt, auch noch nicht von ferne genau festgestellt ist. Wohl aber bedarf hier noch der Erwähnung, daß alle diese Humussubstanzen in der Ackererde mehr oder weniger mit den oben angeführten Erden und Alkalien Verbindungen eingehen, und daß sie besonders stets mit größeren oder geringeren Quantitäten Ammoniak in Verbindung sich befinden, welches Ammoniak sie bei ihrer weiteren Zersetzung in Kohlensäure und Wasser den Wurzeln der Pflanzen darbieten als einen Stoff, der in hohem Grade fördernd auf das Wachsthum der Pflanze einwirkt. Kein geringer Theil des wohlthätigen Einflusses, welchen ein gewisser Humusgehalt in der Ackererde auf die Vegetation im Allgemeinen auszuüben pflegt, ist eben in dieser Eigenschaft der Humussubstanzen begründet, nämlich das so flüchtige Ammoniak, diesen unangenehm riechenden, aber höchst angenehm die Fruchtbarkeit des Bodens vermehrenden Körper, in eine festere Form überzuführen, seine Entweichung aus der Ackerkrume großentheils zu verhindern, und wo dieses Gas in der Atmosphäre verbreitet ist, anzuziehen und in sich anzusammeln.

Das Ammoniak ist ein wichtiger und nothwendiger Bestandtheil einer fruchtbaren Ackerkrume; es kann gewissermaßen zu den organischen in derselben vorhandenen Körpern gerechnet werden, denn es ist ein Zersetzungsproduct organischer Substanzen, wir kennen mit Sicherheit keinen Prozeß in der Natur, durch welchen beträchtliche Mengen von Ammoniak gebildet würden, außer durch die Zerstörungsprozesse vegetabilischer und ganz besonders thierischer Organismen. Wir haben vorher angeführt, daß die Hauptmasse der Pflanzen aus solchen eigenthümlichen Stoffen bestehe, die in ihren letzten Elementen aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff zusammengesetzt sind; außer ihnen giebt es aber im Pflanzenreiche noch andere Körper, welche ebenfalls in allen Theilen der Pflanze, freilich in weit geringerer Menge, auftreten, und neben jenen Bestandtheilen auch noch das Element des Stickstoffes chemisch ge-

Ursprung des Ammoniaks in der Ackerkrume.

bunden in sich aufgenommen haben; dieses ist noch weit mehr in dem thierischen Körper der Fall, welcher in chemischer Hinsicht eben hauptsächlich dadurch von dem vegetabilischen sich unterscheidet, daß in ihm der Stickstoff in ungleich größerer Menge in fester Form vorhanden ist. Solche organische Körper, welche Stickstoff als wesentlichen Bestandtheil enthalten, sie mögen dem Thier- oder Pflanzenreiche angehören, erzeugen bei ihrer Fäulniß und Verwesung außer Kohlensäure und Wasser auch eine gewisse im Verhältnisse zu dem in ihnen vorhandenen Stickstoffe stehende Menge von Ammoniak, welches entweder gasförmig in der Atmosphäre sich verbreitet oder gebunden, z. B. an Humus, in dem Boden zurückbleibt. Die ganze Menge des Ammoniaks, welche in dem Erdboden oder in der Atmosphäre verbreitet ist, ist höchst wahrscheinlich fast einzig und allein ein Product der Fäulniß und Verwesung, die Menge derselben kann nur um ein Unbedeutendes zu- oder abnehmen. Gleichwohl hegen gegenwärtig noch einige Chemiker, namentlich Mulder, die Ansicht, daß das Ammoniak noch fortwährend in bedeutender Menge sich erzeuge, indem der atmosphärische Stickstoff mit faulenden organischen Substanzen in Berührung trete und die Fähigkeit habe, mit dem aus demselben unter günstigen Umständen sich abscheidenden Wasserstoffe Ammoniak zu bilden, und sogar unter geeigneten Verhältnissen, bei Gegenwart poröser Substanzen im Stande wäre, das Wasser zu zersetzen, und mit dem einen Bestandtheile desselben, dem Wasserstoff, zu Ammoniak sich zu verbinden. Diese Behauptung ist jedoch keineswegs durch eine hinreichende Anzahl von Versuchen zur Thatsache erhoben worden, und mit Recht hat man dagegen eingewendet, daß, da der auf der Oberfläche der Erde vor sich gehende Verwesungsprozeß von stickstofffreien organischen Materien schon seit dem Bestehen der letzteren im lebenden Zustande immer und allenthalben stattfindet, die atmosphärische Luft mit Ammoniak förmlich verpestet sein müßte und ihr Gehalt an Stickstoff gewiß vermindert wäre, wenn dieses indifferenteste aller gasförmigen Elemente die Fähigkeit besäße, zur Ammoniakbildung beizutragen.

Dritter Abschnitt.

Wechselwirkung zwischen Luft und Erde einerseits und dem vegetabilischen Leben andererseits.

Keimen, Wachsthum und Ernährung der Pflanze.

Verschiedene Aeußerungen einerlei Kraft.

Die Natur wirkt nicht allein zerstörend und auflösend, sondern auch bildend und verbindend. Dieselben Kräfte, welche durch ihre Aeußerungen die festesten Gesteine zerfallen machen und die abgestorbenen todten Organismen in wenige einfachere Verbindungen überführen, sie formen aus diesen Zerstörungsprodukten wieder neue Gebilde in mannichfacher Form und Schönheit. Nicht verschiedene Kräfte sind es, die hier zerstören, dort wieder aufbauen, nur verschiedene Aeußerungen einer und derselben Kraft, modificirt durch die Gegenwart oder das Hinzutreten eigenthümlicher Verhältnisse und Substanzen. Den kleinsten Theilchen der einfachen Stoffe, den Molekülen, ist das Bestreben eigen, stets neue Verbindungen einzugehen und die geringste Störung der bestehenden Verhältnisse ist hinreichend, diesem Bestreben eine neue Richtung zu geben. Wie wir in unseren Laboratorien im Stande sind, aus einem und demselben Körper, je nach der Höhe der Temperatur, der elektrischen Spannung, je nachdem man diese oder jene Substanz in innige Berührung mit dem ersteren Körper treten läßt, neue und ganz verschiedene Producte entstehen zu lassen, ganz ähnlich werden in dem großen Laboratorium der Natur aus den bestehenden immer neue Verbindungen erzeugt, je nach den Umständen einfacher und complicirter zusammengesetzt, als die früher vorhandenen. Die Stoffe haben in sich selbst die

Fähigkeit, auf mannichfache Weise in Form, Eigenschaften und Zusammensetzung Aenderungen zu erleiden, keine neue und besondere Kraft tritt hinzu, um diese Umwandlungen zu bewirken. In dem lebendigen Organismus sind dieselben chemischen Kräfte, die Molekülarkräfte, thätig, welche außerhalb desselben zerstörend oder bildend auftreten; die sogenannte Lebenskraft sie ist gleichbedeutend mit der chemischen Anziehungskraft, welche überall in der ganzen Natur die Bildung und Umwandlung der Stoffe veranlaßt und in der organischen lebenden Welt nur deswegen eigenthümliche Gebilde und Verbindungen schafft, weil hier eigenthümliche Umstände und Verhältnisse hinzukommen und die Thätigkeit jener Kraft auf neue Bahnen leiten. So wird in dem vegetabilischen Organismus unter dem Einfluß von Licht und Wärme und durch die mannichfache Form und gegenseitige Lage der Elementarorgane, aus denen die ganze Pflanze gebildet ist, die chemische Kraft zu anderen Aeußerungen veranlaßt, als sie außerhalb des Organismus zeigen würde, zu einer Thätigkeit, welche man die Lebensthätigkeit des Organismus nennen kann, insofern man einen Unterschied macht zwischen der lebendigen organischen Natur und der leblosen Mineralwelt. Wenn es dem Menschen gelänge, alle die Umstände genau zu ergründen, welche im vegetabilischen Organismus modificirend auf die Aeußerungen der chemischen Kräfte einwirken, und wenn er es verstände diese Umstände künstlich herbeizuführen, so würde er auch außerhalb des Organismus der Pflanze dieselben eigenthümlichen und mannichfaltigen Stoffe hervorbringen können, welche jetzt fast ausschließlich im Organismus erzeugt werden. Nicht die Pflanze ist es, als Ganzes, als Individuum betrachtet, welche Holzfaser, Stärke, Zucker, Gummi, Oel u. s. w. entstehen läßt, sondern die Moleküle der einzelnen Organe bewirken unter dem Einfluß der vorhandenen äußeren Verhältnisse die Aufhebung des chemischen Gleichgewichtes unter den einfachen Stoffen und die Wiederherstellung desselben durch das Zusammentreten jener einfachen Stoffe zu neuen mehr oder weniger complicirten Verbindungen.

Nichtexistenz der Lebenskraft.

Inhalt des Abschnittes.

Wir haben in diesem Abschnitte das Leben der Pflanze zu betrachten, die Prozesse, welche während desselben thätig sind und zu dem Auftreten mannichfacher Erscheinungen die Veranlassung geben. Damit wir aber von der Stoffbildung und Umwandlung in der lebenden Pflanze eine deutliche und klare Anschauung gewinnen können, müssen wir vorher das Material näher beleuchten und bestimmen, aus welchem im vegetabilischen Organismus der Pflanze neue Gebilde erzeugt werden.

Wir haben daher hier die Fragen zu lösen: Was bedarf die Pflanze zu ihrer Nahrung? In welcher Form muß ihr diese Nahrung dargeboten werden oder welche Körper überhaupt sind die ihr unentbehrlichen Nahrungsstoffe? Wo sind diese Nahrungsstoffe in der Natur vorhanden und aus welchen Quellen können sie immer auf's Neue geschöpft werden? Auf welche Weise werden sie in den vegetabilischen Organismus eingeführt? Welche Erscheinungen treten bei der Assimilation oder Verarbeitung der Nahrungsstoffe durch die lebende Pflanze auf? Von welcher Beschaffenheit sind die neu erzeugten Stoffe und auf welche Weise trägt die Structur, der anatomische Bau der Pflanze zu deren Umwandlung bei in den verschiedenen Perioden der Vegetation? Alle diese Fragen sollen in dem Folgenden erörtert und ihrer Lösung entgegengeführt werden, in so fern solches unsere gegenwärtig noch sehr ungenügenden Kenntnisse überhaupt gestatten.

A. Die Nahrungsstoffe der Pflanze und deren Quellen.

Setzt man eine Pflanze oder einen Theil derselben einer hohen Temperatur, der Glühhitze, aus, so erfolgt eine Verbrennung; bei weitem der größte Theil der Masse verflüchtigt sich, verschwindet oder nimmt vielmehr eine neue Form an. Nur ein kleiner Gewichtstheil der ursprünglichen Masse bleibt als unverbrennliche Substanz zurück, es ist die sogenannte Asche, die unorganischen, mineralischen Stoffe, welche durch die Pflanze während ihres Wachsthums dem Boden entzogen werden. Diese letzteren lassen wir hier vorläufig außer Acht. Die flüchtigen Produkte der Verbrennung geben sich bei näherer Untersuchung zu erkennen vorzugsweise als Kohlensäuregas, Ammoniakgas und Wasserdämpfe, dreierlei Körper, welche alle noch weiter zerlegt werden können und unter geeigneten Umständen in ganz einfache, unzerlegbare Elementarstoffe zerfallen, nämlich in Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff. Diese sind die letzten Grundbestandtheile aller organischen Körper und diese müssen in geeigneter Form der Pflanze dargeboten werden, wenn sie wachsen und gedeihen soll, denn in der Natur kann aus Nichts auch Nichts entstehen, und wenn wir in der lebenden Pflanze neue Körper, wie Holzfaser, Stärke rc., sich bilden sehen, so muß hierzu das Material von Außen her der Pflanze geliefert worden sein; die letzten Elementarbestandtheile aller Erzeugnisse der Pflanzenwelt sind bereits früher vor-

Organische Substanz der Pflanze.

Elementarbestandtheile.

handen gewesen, sie haben durch die ihnen einwohnenden Kräfte, unter hinzugetretenen besonderen Verhältnissen nur eine neue Gestalt angenommen, sie sind unter einander neue Verbindungen eingegangen. Die Pflanze muß daher Nahrungsstoffe, welche die Elemente des Kohlenstoffes, Sauerstoffes, Wasserstoffes und Stickstoffes enthalten, von Außen her in ihren Organismus aufnehmen und verarbeiten.

Pflanzen-Nahrungsstoffe.

Die Elemente selbst in ihrem freien, unverbundenen Zustande haben nicht die Fähigkeit zur Ernährung, zum Wachsthum der Pflanze beizutragen. Eine Pflanze, welche mit ihren Wurzeln in reine Kohle gepflanzt wird und von einer Atmosphäre umgeben ist, die aus freiem Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff besteht, findet, wenn auch sonst alle Bedingungen des Pflanzenlebens erfüllt sind, in dieser ihrer Umgebung keine Spur von Nahrung, die sie zu verarbeiten im Stande wäre, sie stirbt sehr bald ab aus Mangel an ihr zusagender Nahrung. Die Grundstoffe, welche zu neuen Körpern in der Pflanze zusammentreten sollen, müssen vielmehr in einer ganz bestimmten Form und Verbindung unter einander der Pflanze zugänglich sein. Diese Verbindungen in der Natur aufzufinden und überhaupt nachzuweisen, welche Körper als Pflanzennahrungsstoffe zu betrachten sind, sei hier zunächst unsere Aufgabe.

1. Der Humus und dessen Ernährungsfähigkeit für die Pflanzen.

Bestandtheile des reinen Humus.

Die fruchtbare Ackerkrume enthält einen wichtigen Bestandtheil, den wir Humus nennen und dessen Entstehung aus den Ueberresten todter Organismen wir in dem vorigen Abschnitte kennen gelernt haben. Wir betrachten hier den Humus in seinem reinen unvermischten und unverbundenen Zustande; in diesem besteht er einzig und allein aus drei Elementen, aus dem Kohlenstoff, dem Wasserstoff und Sauerstoff, von denen die beiden letzteren in gleichen Mengenverhältnissen zugegen sind, wie im Wasser, so daß also der Humus, wie schon früher angeführt wurde, als eine Verbindung von Kohle oder Kohlenstoff mit Wasser betrachtet werden kann. In diesem Humus nun sehen die Mehrzahl unserer praktischen Landwirthe und auch einige Chemiker und Pflanzenphysiologen einen wesentlichen Nahrungsstoff der Pflanze, eine Quelle, aus welcher dieselbe vorzugsweise eine größere oder geringere Menge des zu ihrer Ausbildung nöthigen Kohlenstoffes entnehmen soll. Mein

agriculturchemisches Glaubens- oder Ueberzeugungsbekenntniß lautet dagegen folgendermaßen:

Der Humus ist kein directes Nahrungsmittel für die Cultur- und meisten anderen Pflanzen, aber ein wesentlicher Bestandtheil der fruchtbaren Ackerkrume.

Der letzte Theil dieses Satzes betrifft einen Gegenstand, welcher anderswo, nämlich in der Bodenkunde, ausführlich erörtert werden wird; hier habe ich nur die Behauptung, daß der Humus kein directes Nahrungsmittel für alle Cultur- und die meisten anderen Pflanzen sei, näher zu begründen.

Im Mittel kann man den Humusgehalt einer fruchtbaren Ackerkrume nicht höher annehmen als zu 1 Procent; für die meisten Bodenarten ist diese Schätzung schon zu hoch, für einige zu niedrig. Die Oberfläche des festen Landes nach Abzug der Sahara, der Gobiwüste und der vegetationsleeren Polarländer, hat man zu 3,000,000 Quadratmeilen berechnet (Schleiden). Das specifische Gewicht der fruchtbaren Ackerkrume, im natürlichen aufgelockerten Zustande, ist höchstens = 2, zweimal schwerer als ein gleiches Volumen reines Wasser. Setzt man nun auf jener ganzen Fläche die Tiefe der von Humus durchdrungenen Ackererde zu 1 Fuß, was jedenfalls die Wirklichkeit um ein Bedeutendes übertrifft, so ergiebt sich nach einer einfachen Berechnung das Gewicht der ganzen, gegenwärtig auf der Erdoberfläche vorhandenen, Humusquantität zu ungefähr 1000 Billionen Kilogramm. Der reine Humus enthält 60 Procent Kohlenstoff, es würden also nach obigen Voraussetzungen 600 Billionen Kohlenstoff in der Form von Humus auf der ganzen Erde zugegen sein. Zahlreiche Erfahrungen und Beobachtungen bestätigen die Richtigkeit der Annahme, daß auf der Fläche einer Hectare (Wald, Wiese und Ackerland) jährlich im Durchschnitt etwa 3600 Kilogr. trockner vegetabilischer Substanz producirt oder, da diese nahe an 50 Pr. Kohlenstoff enthält, also 1800 Kilogr. Kohlenstoff durch die Vegetation jährlich fixirt, d. h. in die Form einer Pflanzensubstanz übergeführt werden. Dieses auf den ganzen fruchtbaren Theil der Erdoberfläche berechnet, würde einen Kohlenstoffgehalt der jährlich erzeugten vegetabilischen Masse zu 27 Billionen Kilogr. ergeben, oder etwa $^1/_{22}$ der in dem Humus berechneten Kohlenstoffmenge. Angenommen nun, die Pflanze zöge die ganze Quantität des von ihr assimilirten Kohlenstoffes aus dem Humus, so müßte also der ganze jährlich producirte Pflanzenstoff ohne Verlust, ebenfalls jährlich wiederum in Humus übergehen, wenn der

Humusgehalt der ganzen Erdoberfläche.

Jährlich erzeugte vegetabilische Substanz.

Humusgehalt des Bodens nicht bald sehr merklich sich vermindern sollte. Prüfen wir nun im Folgenden die Richtigkeit der Annahme, ob wirklich die ganze Menge des in der Pflanze fixirten Kohlenstoffes dem Boden wiederum zugeführt wird und hier wiederum eine Umwandlung in Humus erleidet, so werden wir sehr bald zu der Ueberzeugung gelangen, daß dieses durchaus nicht der Fall sein kann, sondern daß in der That jährlich ein sehr bedeutender Theil des in der organischen Substanz enthaltenen Kohlenstoffes der Umwandlung in Humus sich entzieht und überhaupt als Bodenbestandtheil verloren geht. Es sind namentlich dreierlei chemische Prozesse, welche zerstörend und auflösend auf die vegetabilische Substanz einwirken, nämlich der thierische Ernährungs- oder Respirationsprozeß, der Verbrennungs- und endlich der Fäulniß- oder Verwesungsprozeß. Alle drei Prozesse haben den gemeinschaftlichen Charakter, daß während der Thätigkeit derselben der Kohlenstoff der organischen Substanz ganz oder zum großen Theile eine Verbindung mit Sauerstoff eingeht und nun als Kohlensäuregas entweicht und in der atmosphärischen Luft sich verbreitet. Die Menge des hierdurch auf der ganzen Erdoberfläche jährlich in Kohlensäure umgewandelten Kohlenstoffes läßt sich annähernd genau bestimmen.

Zerstörung desselben

durch den thierischen Ernährungsprozeß.

Menschen und Thiere leben, entweder mittelbar oder unmittelbar, von vegetabilischen Nahrungsstoffen. Diese werden im lebenden Körper zersetzt, zum Theil assimilirt, zum Theil nach mannichfachen Veränderungen als Koth und Urin wiederum ausgeschieden. Das Gewicht der Excremente im getrockneten Zustande ist ungleich niedriger wie das der als Nahrung aufgenommenen Substanz, ungeachtet im Normalzustande des erwachsenen Thieres dieses sein Gewicht nicht verändert, zum Beweis, daß außer in den Excrementen noch auf andere Weise die zersetzten Stoffe aus dem Körper entfernt werden. Dies geschieht bekanntlich durch den Respirations- und Transpirationsproceß, durch Lunge und Haut entweicht eine sehr bedeutende Menge der ursprünglichen Nahrungssubstanz in der Form von Kohlensäure und Wasserdünsten. Wie groß die Menge dieses Verlustes ist, ergiebt sich aus den genauen Versuchen und Wägungen, welche von **Boussingault** ausgeführt worden sind. Ein Pferd z. B. verzehrte in 24 Stunden an Nahrungsmitteln (außer Trinkwasser)

an Heu	7,50 Kilogr.,	welche bei 100° getrocknet	6,47 Kil. wogen
an Hafer	2,27 "	" " " "	1,93 " "
	9,77 Kilogr.		8,40 Kil.

Die vom Pferde in 24 Stunden gewonnenen Produkte waren:

Urin	1,33 Kil.,	welche bei 100° getrocknet	0,30 Kil.	wogen
Koth	14,25 „	„ „ „ „	3,51 „	„
	15,58 Kil.		3,81 Kil.	

Der Verlust betrug also an getrockneter organischer Materie 4,59 Kil., also über die Hälfte.

Eine Milchkuh verzehrte in 24 Stunden an

Kartoffeln	15,0 Kil.,	welche getrocknet	4,17 Kil.	wogen
Grummetheu	7,5 „	„ „	6,32 „	„
	22,5 Kil.		10,49 Kil.	

Die von der Kuh in 24 Stunden gewonnenen Produkte betrugen:

Koth	28,41 Kil.,	welche getrocknet	4,00 Kil.	wogen
Urin	8,20 „	„ „	0,96 „	„
Milch	8,54 „	„ „	1,15 „	„
	45,15 Kil.		6,11 Kil.	

Also eine Differenz an trockner organischer Substanz von 4,38 Kil. Diese Zahlenverhältnisse stimmen mit den neuesten Beobachtungen von Lassaigne bei dem Pferde überein, nach welchen nämlich die Menge des vom Pferde innerhalb 24 Stunden ausgeathmeten Kohlenstoffes 2 bis 3 Kilogr. beträgt, während der Verlust an organischer Materie nach den obigen Angaben beinahe die doppelte Menge, reichlich 4 Kil. ausmacht, wie es in der That der Fall sein muß, da in den bei 100° getrockneten Nahrungsstoffen fast genau 50 Proc., also die Hälfte des Gewichtes an Kohlenstoff enthalten ist.

Der Verlust an organischer Substanz bei dem Durchgange der Nahrungsstoffe durch den menschlichen Körper ist ebenfalls sehr bedeutend und den Beobachtungen zufolge eher größer als geringer, wie bei irgend einem Thiere. Nach Scharling u. A. athmet der erwachsene Mensch an Kohlenstoff in der Form von Kohlensäure täglich etwa $^1/_3$ Kilogr. aus, welches auf einen täglichen Verlust an organischer Materie von wenigstens $^2/_3$ Kil. schließen läßt. Man nimmt gewöhnlich 1000 Millionen Menschen auf der Erde als lebend an; diese würden also, da ein Mensch jährlich ungefähr 120 Kil. Kohlenstoff ausathmet, alle zusammen 120,000 Millionen Kil. Kohlenstoff gasförmig in die Atmosphäre hinausführen. Das Thierreich athmet durch Haut und Lunge nach einer sehr niedrigen Schätzung wenigstens eine dreifach größere Quantität Kohlenstoff aus. Es würde also, nach den angeführten, annähernd richtigen Voraussetzungen, der Respirationsprozeß der gesamm-

ten Menschheit und Thierwelt jährlich ungefähr 480,000 Mill. Kil. Kohlenstoff aus dem festen Zustand in den gasförmigen umwandeln und der Atmosphäre zuführen, oder zu dem Verschwinden von beinahe 1 Billion Kilogr. organischer Materie die Veranlassung geben.

Durch den häuslichen und gewerblichen Verbrennungsprozeß.

Durch Vergleichung mehrfacher Erfahrungen hat Schleiden gefunden, daß man die Quantität an Holz, welche die häuslichen Verbrennungsprozesse (Kochen und Heizung) jährlich verzehren, erhält, wenn man für den Kopf 1 Klafter hartes Holz annimmt. Da nun eine Klafter hartes Holz etwa 1800 Kilogr. wiegt und ungefähr 900 Kilogr. Kohlenstoff enthält, so ergiebt sich hieraus, daß 1000 Millionen Menschen für ihren häuslichen Gebrauch an Kohlenstoff jährlich 900,000 Millionen Kilogr. verbrennen und also das doppelte Gewicht an organischer Substanz zerstören. Nimmt man nun an, daß für technische Zwecke nur reichlich 100,000 Millionen Kilogr. Kohlenstoff verbrannt und als Kohlensäuregas der Atmosphäre zugeführt werden, so hat man also allein durch den Respirations- und den gewöhnlichen Verbrennungsprozeß nach einer sehr niedrigen Schätzung, jährlich eine Verflüchtigung von ungefähr $1^1/_2$ Billionen Kilogr. Kohlenstoff, während hierbei die oft ungeheuren Quantitäten Kohlenstoff, welche namentlich in heißeren Ländern, in Nordamerika und anderen Gegenden durch Wald- und Prärie-brände verzehrt werden, noch gar nicht in Anschlag gebracht worden sind.

Durch den Prozeß der Verwesung.

Wenn schon die angeführten Zahlen von nicht geringer Bedeutung sind, so erscheinen sie doch überaus klein, wenn man sie mit denjenigen Größen vergleicht, welche die durch den Prozeß der Fäulniß und Verwesung jährlich in einfachere Verbindungen aufgelöste oder zerstörte Quantität an organischer Materie bezeichnen. Wir lassen hier die ganze beträchtliche Menge der durch Gährung und Fäulniß an einzelnen besonderen Lokalitäten in die Form von gasförmiger Kohlensäure übergeführten organischen Substanz außer Acht und richten unsere Aufmerksamkeit einzig und allein auf die Ackerkrume selbst und auf die hier überall unter dem Einfluß von Wärme, Feuchtigkeit und dem atmosphärischen Sauerstoff eintretende und stetig fortdauernde Verwesung aller dem organischen Reiche angehörenden Materien oder der hier stets gegenwärtigen Humussubstanzen selbst. Saussure hat direkte Versuche angestellt, um den Verlust zu ermitteln, welchen die Dammerde durch den Prozeß der Verwesung erleidet; er fand, daß dieser Verlust jährlich etwa 2 Procent der ganzen in der Ackerkrume enthaltenen ver-

wesbaren organischen humusartigen Substanz ausmachte. Dieses Resultat kann der Natur der Sache nach nicht genau richtig sein, die äußeren, höchst verschiedenen Verhältnisse bestimmen den mehr oder weniger raschen Verlauf des in Rede stehenden Prozesses, in heißeren Zonen faulen und verwesen die abgestorbenen Organismen weit schneller als unter den kälteren Klimaten. Jenes Resultat aber, welches für unsere gemäßigte Zone unter den gewöhnlichen klimatischen Verhältnissen durch direkte Versuche festgestellt worden ist, mag hier als annähernd genau für die ganze mit einer Humusschicht bedeckte Erdoberfläche gelten. Es werden also aus der Ackererde selbst von den in derselben als vorhanden angenommenen 600 Billionen Kilogr. Kohlenstoff jährlich 2 Procent, also 12 Billionen Kilogr. durch den Verwesungsprozeß verflüchtigt, d. h. in Verbindung mit Sauerstoff als Kohlensäuregas der Atmosphäre zugeführt werden.

Uebersehen wir nun nochmals sämmtliche Resultate der hier so eben entwickelten Rechnungen, so folgern wir daraus mit hinlänglicher Sicherheit, daß jährlich eine sehr beträchtliche Menge an Kohlenstoff durch Respiration, Verbrennung und Verwesung aus seinen organischen Verbindungen in die Form der gasförmigen Kohlensäure übergeführt wird. Wenn daher der in der Pflanze vorhandene und gebundene Kohlenstoff keine andere Quelle hätte als den Humus des Bodens, so müßte in Folge dieser Umwandlung des vegetabilischen Kohlenstoffes in atmosphärische Kohlensäure der Humusgehalt der Ackerkrume außerordentlich schnell verschwinden und schon nach dem kurzen Zeitraum von kaum 60 Jahren würde keine Spur von Humus auf der Erdoberfläche mehr zu entdecken und diese selbst in eine öde, vegetationsleere Wüste verwandelt worden sein.

Nach Boussingault's Versuchen und Berechnungen liefert bei dem Anbau der verschiedensten Früchte (mit Ausnahme der Topinamburs) und bei der Durchführung verschiedener Fruchtfolgen eine Hectare Landes im Durchschnitt jährlich 2337 Kilogr. mehr organische Substanz, als das Gewicht des von Außen zugeführten Düngers im getrockneten Zustande beträgt, bei der zweijährigen Cultur der Topinamburs sogar einen jährlichen Ueberschuß von 13,918 Kilogr. lufttrockner vegetabilischer Masse. Trotz dieser überall eintretenden Erscheinung wird das Ackerland bekanntlich durch die Cultur nicht ärmer an Humus, sondern der Humusgehalt nimmt im Gegentheil, bei Vertiefung der Ackerkrume, durch die Rückstände von der Ernte fortwährend zu. Ebenso wird auf Allgemeine Betrachtungen.

einer gleichen Fläche Wald- und Wiesenlandes jährlich ohne alle Düngung gegen 4000 Kilogr. vegetabilischer Substanz erzeugt und geerntet, und dennoch verschwindet der Humus nicht aus dem Boden, dennoch nimmt die Menge desselben nicht ab. Das Wasser der Flüsse führt nicht unbedeutende Quantitäten organischer Materie in's Meer, entweder ganze Baumstämme und Thierleichen mit sich fortreißend oder indem es fein zertheilte humose Schlammmassen beigemengt enthält. Der Landmann zerstört häufig selber den Humus in der Ackerkrume und vermindert die Quantität desselben durch mannichfache Operationen, welche keineswegs eine Verminderung, sondern im Gegentheil eine oft sehr bedeutende Erhöhung der Fruchtbarkeit des Bodens zur Folge haben. Die Auflockerung des Bodens mittelst Pflug, Spaten und Egge erleichtert den Zutritt der atmosphärischen Luft zu den Bestandtheilen der Ackerkrume und befördert damit die schnellere Verwesung der Humussubstanzen, welches in noch erhöhtem Maaße der Fall ist, wenn eine Düngung mit Kalk oder Mergel dem Acker eine höhere Thätigkeit verleiht. Beweise genug, daß eine andere weit wichtigere Quelle vorhanden sein muß, aus welcher die Pflanze ihren Kohlenstoff zu schöpfen vermag, da die so ärmliche Quelle des Humus ihr in dieser Hinsicht auch nicht von Ferne genügt.

Speciellere Beispiele.

Einige noch speciellere Beispiele werden die Ueberzeugung vollends befestigen, daß der Humus des Erdbodens, wenn überhaupt irgend eine, so doch wenigstens nur eine verschwindend geringe Bedeutung als direktes Nahrungsmittel für die Pflanze beanspruchen kann. Ich entlehne die folgenden interessanten Thatsachen und Berechnungen den „Grundzügen der wissenschaftlichen Botanik" von Schleiden.

„Die Pampas von Buenos-Ayres zeigten bei ihrer Entdeckung durch die Spanier ganz denselben Charakter wie noch jetzt. Endlose Ebenen, mit einem meist dürftigen, nur stellenweise in den Niederungen üppigen Graswuchs und hin und wieder mit kurzem Gestrüpp von Algaroben und Acacien besetzt, hegten außer dem ernsthaften Bizcacho, dem Turuturu und ähnlichen kleinen Thieren nur Guanacoheerden und eine spärliche Bevölkerung. Das Alles ist geblieben, aber die Spanier führten zwischen 1530 und 1532 Pferde und Rindvieh ein, welche sich bald in ungeheurem Maaßstabe vermehrten, so daß General Rosas Streifzüge gegen die Indianer oft in wenig Tagen 20,000 Pferde kosteten, daß zahllose Heerden von 15,000 Stück gänzlich wilder Pferde die Pampas durchstreifen und Pferd und Rindvieh fast gar keinen

Werth hat. Dabei hat sich der Europäer dort ausgebreitet, in der Nähe der größeren Städte hat sich die Vegetation üppiger entwickelt und die Artischocke und die Distel haben große Strecken in Besitz genommen. Kurz die organische Substanz hat sich in diesem Gebiete, weit entfernt sich zu vermindern, vielmehr bedeutend vermehrt. Gleichwohl hat das Land ohne allen nur irgend zu veranschlagenden Ersatz an organischer Materie seit jener Zeit in immer steigendem Maaße ungeheure Quantitäten organischer Substanz ausgeführt. Allein die Häute entsprechen mindestens einem jährlichen Verluste von 40 Millionen Kilogr. organischer Substanz. Aber das ist nur ein unbedeutender Theil. Nach dem Abgange können wir jene Heerden, ohne der Wahrheit auch nur nahe zu kommen, auf 20 Millionen Stück veranschlagen, und in einem Jahre vernichten diese durch den Ernährungsprozeß 30,000 Mill. Kilogr. oder in 100 Jahren 3 Billionen Kilogr. Alle diese organische Substanz muß von den Pflanzen geliefert worden sein, und wer möchte die unsinnige Behauptung aufstellen, daß alle diese Substanz als Humus oder sonst irgend eine organische Substanz in dem dürren Boden der Pampas gesteckt habe.''

,,Eine der auffälligsten Thatsachen, die nahe genug liegt, so daß sie längst die Vertheidiger der organischen Pflanzennahrung hätte aufklären müssen, wenn es ihnen nicht eben an allem freien Ueberblicke fehlte, wird von der Alpwirthschaft geliefert. Kein Mensch denkt an Düngung der Alpweide, zahlreiche Heerden werden im Sommer von dem Gras und den Kräutern derselben ernährt und geben ihnen in den Excrementen höchstens die Hälfte der als Nahrung aufgenommenen organischen Substanz wieder, aber alljährlich werden große Quantitäten Käse, dessen organische Substanz jene Alpweiden hergegeben haben, von den Alpen herabgeführt, ohne daß auch nur ein Gedanke an Ersatz stattfände, ja häufig wird auch noch Heu gewonnen und für den Winterbedarf mit in die Thäler genommen. Und diese Ausbeutung der Alpen dauert schon viele Jahrhunderte, bei manchen wohl Jahrtausende und nie hat Jemand eine Abnahme der Fruchtbarkeit dieser Alpen bemerkt. Kann Einer ein solcher Thor sein, behaupten zu wollen, daß die dünne magere Erddecke, welche oft auf nacktem Fels liegt, in der That so reich an organischer Substanz gewesen sei, um diesen beständigen Verlust ohne merkliche Veränderung zu tragen?''

,,Die Oelpalmen Cocos nucifera und Elais guineensis wachsen im Ufersand. Die Cultur der letzteren wird an der afrikanischen West-

küste im Großen betrieben und keine Spur der Düngung dem reinen, aber feuchten Sande gegeben. Von 1821—1830 hatte England allein von der Guineaküste 52 Millionen Kilogr. Palmöl eingeführt und damit etwa 36 Millionen Kilogr. Kohlenstoff, welche einem Boden entzogen wurden, der so gut wie gar keinen Kohlenstoff enthält. Gegenwärtig beträgt die jährliche Einfuhr gegen 16 Millionen Kilogr. Oel, so daß der Boden, auf welchem die Palmen wachsen, allein für die Bildung des zur Ausfuhr bestimmten Oeles jährlich etwa 12 Mill. Kilogr. Kohlenstoff liefern müßte.''

„Das auffallendste Beispiel von Kohlenstoffproduction bieten aber die Bananen dar. Man pflanzt diese gewöhnlich als Stecklinge auf einen feuchten, reichen Boden, ohne die geringste Düngung anzuwenden und vom Augenblick an, daß sie tragfähig geworden, sammelt man 20 Jahre lang ihre Früchte, ehe man neue Pflanzen setzt, nicht weil die alten aufhören zu tragen, sondern weil sie durch das beständige Absterben der alten Schösse und das Auftreiben neuer Wurzelschößlinge allmälig in Unordnung kommen. Nach Humboldt erzeugen sich auf der Fläche einer Hectare jährlich etwa 170,000 Kilogr. Früchte, welche ungefähr 80,000 Kilogr. trockner Substanz und somit mindestens 35,000 Kilogr. Kohlenstoff entsprechen, in 20 Jahren liefert also eine solche Fläche die ungeheure Menge von 700,000 Kilogr. Kohlenstoff. Dabei wird der Boden keineswegs ausgesogen, denn man bebaut vielleicht schon seit Jahrtausenden auf den Südseeinseln denselben Boden; er wird vielmehr durch die alljährlich absterbenden Massen der Blätter und Blattscheiden, trotz der natürlich ungeheuer schnell vor sich gehenden Verwesung, immer reicher an Humus.''

Behauptung der Aufnahme einer sehr geringen Menge Humus.

Ungeachtet alle im Vorhergehenden angeführten Thatsachen und Beobachtungen mit positiver Gewißheit nachweisen, daß die direkte Ernährungsfähigkeit des Humus gleich oder doch wenigstens fast gleich Null zu setzen ist, — könnte man immer noch behaupten, daß, wenn auch im Ganzen der Humus keine direkte Nahrungsquelle für die Pflanze sei, so doch eine geringe Menge desselben in den Organismus unmittelbar überginge und der freudig gedeihenden Pflanze unentbehrlich und nothwendig sei. Man hat bei der Aufstellung einer solchen Idee wohl diese Humusspuren hinsichtlich ihrer Wirkung verglichen mit der Rolle, welche das Kochsalz im thierischen Körper zu spielen scheint. So wie das Kochsalz hier unentbehrlich sei und die vollständigere

Assimilation der Nahrungsstoffe selbst bewirke, so solle auch der Humus dort zu einem kräftigeren Wachsthum, zu einer vermehrten Stoffbildung die Veranlassung geben. Aber auch diese Idee kann nicht bestehen vor einer ruhigen Betrachtung der in der Natur im Großen sich darbietenden Erscheinungen, wie vor den Resultaten direkt angestellter Versuche.

Der Humus ist in dem Ackerboden in inniger Verbindung zugegen mit den mineralischen Erden und Alkalien, namentlich auch mit dem Ammoniak. Er erlangt durch diese Verbindung einen gewissen Grad der Auflöslichkeit. Wird diese Auflöslichkeit durch Gegenwart bedeutender Mengen von Ammoniak zu sehr erhöht, so kränkelt die Pflanze und geht ein. Die Düngerjauche ist eine solche stark ammoniakhaltige Humuslösung; sie ist bekanntlich mit Vorsicht anzuwenden. Der denkende und beobachtende Landwirth bringt den frisch auf den Acker gefahrenen Dünger nicht in unmittelbare Berührung mit der Saat; er läßt vielmehr dem mit dem Boden bedeckten Dünger erst einige Zeit, mit den Bestandtheilen des Bodens sich innig zu vermischen und verbinden. Während ein unmittelbar nach der Aufbringung des Düngers fallender starker Regen nicht wenige der Düngerbestandtheile aufzulösen und auszuwaschen vermag, wie die dann in den Wasser- und Beetfurchen stehende braune Jauche zu erkennen giebt, wird einige Zeit nach der frischen Düngung das überflüssige Wasser fast ganz rein und farblos ablaufen. Das schwarze Torfwasser ist eine ziemlich concentrirte Humuslösung, es enthält sogenannten sauren Humus, in ihm gedeiht keine unserer gewöhnlichen Culturpflanzen. Die fruchtbare Ackerkrume färbt das mit ihr in Berührung gebrachte kohlensäurehaltige Wasser nur ganz schwach gelblich, die Lösung hinterläßt beim Eindampfen eine Salzmasse, die nur geringe Mengen von Humussubstanzen enthält. Ueberall also in dem Acker- und Wiesenboden muß der Humus in einem solchen Zustande und in solchen Verbindungen zugegen sein, daß er entweder gar nicht oder höchst schwierig in Wasser sich auflöst. In jener gelblichen Flüssigkeit, dem sogenannten Humusextrakt oder Dammerdeextrakt scheint die Humusverbindung kaum in vollkommner Auflösung sich zu befinden, wenigstens wird dieselbe sehr leicht und schon durch mechanische Mittel wieder aus der Lösung entfernt und abgeschieden. Schon der fein zertheilte Sand hat die Fähigkeit diese Abscheidung zu bewirken. Die Humuslösung nämlich dringt niemals tief in den Untergrund ein; wenn dieser sandig ist, so bemerkt man schon nahe unter der Ackerkrume

Widerlegung derselben.

Durch allgemeine Erfahrungen.

keine Spur von Humus mehr, während doch das Regenwasser hier allenthalben den Untergrund durchzieht und unter geeigneten Verhältnissen sich ansammelnd, anderswo als Quellwasser wieder hervorsprudelt. Dieses Quellwasser enthält ebenfalls keinen Humus, oder doch kaum nennenswerthe Mengen; es ist farblos, hell und klar. Die Höhlen in Kalksteinterrains und selbst zuweilen alte Kellergewölbe werden nicht selten ausgekleidet und angefüllt mit sogenannten Tropfsteinbildungen, mit kohlensaurem Kalke, welches in dem kohlensäurehaltigen Wasser aufgelöst, beim Verdunsten des letzteren im Innern der Höhlen sich in mannichfachen Formen wieder absetzt. Diese Höhlen und Gewölbe sind gewöhnlich überdeckt mit einer mächtigen Schicht einer fruchtbaren humosen Ackerkrume, welche das atmosphärische Wasser in sich aufnimmt und theilweise durch sich hindurch sickern läßt, so daß das Wasser in den oberen Schichten der Ackerkrume mit humussaurem Kalke gesättigt, dennoch frei von demselben und nur noch mit kohlensaurem Kalke geschwängert im Innern der Höhlen anlangt. Die kalkigen Tropfsteine nämlich enthalten kaum bemerkbare Spuren von organischer humusartiger Substanz beigemengt. Wenn nun schon ein so grobes mechanisches Mittel, wie der Quarz- und Kalksand darbietet, hinreicht, um die etwa aufgelösten Humusverbindungen so gut wie vollständig wieder auszuscheiden oder zurückzuhalten, wie sollten denn die feinen, zarten, weißen Wurzelspitzen im Stande sein, die gelbe oder bräunliche Humuslösung in sich aufzunehmen, da doch diese Wurzelspitzen, gleichsam das feinste Filtrum, welches es in der Natur giebt, selbst unter der stärksten Vergrößerung keine bemerkbaren Poren und Oeffnungen zeigen und also dem Eindringen der Humussubstanz in die Pflanze in weit höherem Grade als der feine Sand schon ein mechanisches Hinderniß entgegen setzen müssen.

Aber auch ganz direkte Beweise sind genug vorhanden, daß Pflanzen höchst mannichfacher Art in einem völlig humusfreien Boden wachsen und vollständig normal sich entwickeln, wenn nur die übrigen zu ihrem Gedeihen erforderlichen Bedingungen erfüllt sind. Wer wüßte nicht, daß allenthalben, wo nur eine Pflanze mit ihren Wurzeln das Erdreich zu durchdringen vermag, wo nur der physikalische Zustand des Bodens ihr Fortkommen irgend gestattet, die früher kahlen Flächen sehr bald mit einer vegetabilischen Decke überzogen werden, auch wenn anfangs keine Idee von Humus vorhanden gewesen ist. Die Felsen, welche an der Ostküste Schwedens seit Jahrhunderten langsam aus

dem Meere emporsteigen, sie sind bei ihrem Hervortreten nackt und kahl; wenn aber der Verwitterungsprozeß an ihrer Oberfläche unter dem Einfluß der Atmosphäre erst eingeleitet ist, so säumt auch die Vegetation nicht sich einzufinden und an der weiteren Zersetzung des Bodens selbst Theil zu nehmen. Die vulkanische Asche, welche manchmal in bedeutender Quantität vom Aetna und Vesuv ausgeworfen, die Umgebungen stundenweit bedeckt, die Lavaströme selbst, wo sie sich in weitere Flächen ausbreiten, liefern oft schon wenige Jahre nach ihrer Erstarrung den Anblick einer freudigen üppigen Vegetation. Keineswegs sind es die niedrigsten Pflanzen, Moose und Flechten allein, welche an solchen Orten immer zuerst sich einfinden, gleichzeitig und oft sogar vorzugsweise treten hier Pflanzen einer höheren Organisation auf, zum Beweis, daß es zu deren Existenz und Entwicklung durchaus keiner Vorbereitung des Bodens durch niedrigere Gewächse, durchaus keiner vorhergehenden Ansammlung von Humus bedarf. Wer hätte nicht in reinem dürren Sande, auf kahlen Mauern und Steinwällen die Sedumarten und andere Fettpflanzen bemerkt, die mit ihren verschwindend kleinen Wurzeln und ihrer großen saftigen Blattmasse schon in Folge ihres anatomischen Baues ausschließlich auf atmosphärische Nahrung angewiesen scheinen; wer hätte nicht die mächtigen Bäume beobachtet, welche an steilen Felsabhängen, mit ihren Wurzeln in die Risse und Sprünge des Gesteins eindringend, hier durchaus keine Humusnahrung aufnehmen können, weil solche gar nicht vorhanden ist; selbst wenn geringe Mengen von Humussubstanz unter diesen Verhältnissen sich erzeugen könnten, der nächste starke Regen, welcher seine Wasser über den steilen Felsabhang ergießt, würde den gebildeten Humus sofort wieder ins Thal hinabspülen und gewaltsam mit sich fortreißen. Wer kennt nicht die weiten Sandflächen Norddeutschlands, die ungeachtet der Wind oftmals die Sandmassen wie Meereswogen in Bewegung setzt, hier viele Fuß hoch aufthürmt und dort wiederum tief aufwühlt, die ungeachtet hier keine Spur fast von Humus sich bilden oder ansammeln kann, dennoch ganze Wälder von Kiefern und Fichten ernähren, die wenn sie einmal die Zeit ihrer ersten Jugend überwunden und durch ihre weithin sich verzweigenden Wurzeln einen festen Halt erlangt haben, nicht selten zu hohen, gesunden und kräftigen Bäumen heranwachsen. Wer wüßte nicht, wie selbst das reinste Wasser erfrischend und belebend auf die Vegetation einwirkt, wie die ödeste und vegetationsleere Sandwüste schnell in eine fröhliche üppige Wiese verwandelt

wird, allein durch Zuleitung des befruchtenden Wassers. Die Oasen der afrikanischen Sandwüste, sie verdanken ihre Vegetation allein der Gegenwart der hier den Sand durchdringenden Quellen; hier ist kein Humus erforderlich gewesen, um die Pflanzen ins Leben zu rufen. Hundert- und tausendfältig wird der Mais geerntet im Innern von Peru und Chile auf dem ödesten Flugsande, unter Beihülfe einer geringen Menge von Guano, wenn nur ein Bächlein seine Wasser den Feldern zuführt und also für die nöthige Feuchtigkeit Sorge getragen ist. Wenn an der Westküste Schleswigs und Jütlands der feine Meersand durch den Wind ins Innere des Landes gejagt wird und zu hohen mächtigen Bergen sich aufthürmt, fast gleichzeitig mit der Bildung einer neuen Sanddüne, von dem ersten Anfange ihrer Entstehung an, findet man auch schon eine, wenn auch einförmige, Vegetation. Das Dünengras nämlich stellt sich ein, durchdringt mit seinen Wurzeln den Sand nach allen Richtungen und treibt mit der fortdauernden Anhäufung des Sandes immer neue Schößlinge, es trägt zur Befestigung der Dünen bei und hindert das weitere Fortschreiten derselben ins Innere des Landes. An der Westküste Frankreichs, an den Mündungen der Gironde und des Adour ist es erst vor einem halben Jahrhundert gelungen durch künstliche Vorrichtungen die Sanddünen zu bepflanzen und gegenwärtig sieht man große Flächen jener Hügel des dürrsten Flugsandes, viele Tausende von Hectaren umfassend, mit kräftigem Nadelwald bestanden, der keine Spur von Humus im dürren Boden vorfand. Das Meer enthält, der Masse nach, wenn auch nicht nach der Zahl der Arten, eine nicht weniger üppige Vegetation als das feste Land; die Meerespflanzen also müssen doch nothwendig ohne Humus existiren und gedeihen können, da sie diese Nahrung nicht in dem Medium vorfinden, in welchem sie vegetiren.

Durch direkte Vegetationsversuche.

Zahlreiche direkte Versuche, angestellt zur Lösung der vorliegenden Frage, haben unwiderlegbar bewiesen, daß alle unsere gewöhnlichen Culturpflanzen auch in einem völlig humusfreien Boden zur Entwicklung gelangen, vollkommen keimfähigen Samen hervorzubringen vermögen. Boussingault säete 1,076 Grm. Erbsen in ein Gemenge von ausgeglühtem Thon und Sand, begoß sie mit destillirtem Wasser und erntete nach erfolgter Reife der Pflanzen 4,441 Grm., also 4,14 soviel, als die Aussaat betrug. Ich selbst habe auf reinem, völlig humusfreiem Kiessande Pflanzen von Gerste, Hafer, Roggen und Spergel bis zur Reife sich entwickeln sehen. Die Aussaat von 2 Grm. Spergel-

samen lieferte in einem Versuche bei der Ernte an luftrockner vegetabilischer Substanz 45,80 Grm., nämlich 12,77 Grm. vorzüglich ausgebildeten Samen und 33,03 Gr. Spergelheu. Durch die Aussaat von 3,55 Grm. Sommerroggen erhielt ich bei einem ähnlichen Versuche 48,10 Grm. lufttrockner vegetabilischer Substanz allein an Stroh und Spreu. Diese Versuche wurden, jeder auf der Fläche eines halben sächsischen Quadratruthenfußes angestellt, so daß also die Cultur des Spergels für die Fläche einer ganzen Hectare 4946 Kilogr. (Heu und Samen zusammengenommen) und die Cultur des Sommerroggens für eine gleiche Fläche an Stroh und Spreu 5195 Kilogr. lieferte, eine Ernte, welche namentlich hinsichtlich des Spergels im Großen auf einem fruchtbaren Acker kaum hätte besser und höher ausfallen können. Der Fürst zu Salm-Horstmar baute in einem Boden, der nur aus ausgeglühten Mineralsubstanzen zusammengesetzt war, Hafer und Raps. Ein Haferhalm (3 Fuß hoch) trug 78, ein anderer 47 und ein dritter 28 Körner, zusammen 153 Körner, welche (bei 100° C. getrocknet) 3 Grm. wogen; das Stroh der drei Halme wog 2,95 Grm. Ein Rapsstengel wurde 22 Zoll hoch, hatte 18 Schoten mit 240 vollständigen Körnern; auch eine Buchweizenpflanze wurde 22 Zoll hoch, hatte aber nur 5 Körner ausgebildet. Polstorff hat in neuester Zeit sogar den Beweis geliefert, daß man von der Gerste einen 200fältigen Ertrag erzielen kann in einem Boden, der nicht die geringste Spur von Humus enthält, wenn nur nicht in physikalischer Hinsicht der Entwicklung der Pflanze ein Hinderniß entgegentritt. Er bereitete nämlich ein künstliches Gemenge von 6 Th. Sand, 2 Th. Kreide, 1 Th. weißem Bolus und 1 Th. Holzkohle, setzte zu diesem Gemenge eine kleine Quantität von fein gepulvertem Feldspath, welcher mit zerstoßenem Marmor zusammen vorher stark geglüht worden war und fügte endlich dem Ganzen noch einige auflösliche Mineralsalze hinzu, in solchen Verhältnissen, wie diese in der Asche der Gerstenpflanze vorhanden sind. In diesem Gemenge zog Polstorff 12 Gerstenpflanzen, von denen jede 3 Fuß hoch war und 9 ährentragende Halme hatte; jede Aehre aber gab 22 Körner; die Körner von allen 12 Pflanzen zusammen genommen wogen 124,2 Grm. (2040 Gran), das Stroh 149,2 Grm. (2449 Gran). Die dem Boden hier zugesetzte Holzkohle kann natürlich nicht als pflanzenernährend angesehen werden, denn bekanntlich ist dieselbe absolut unlöslich in Wasser und erleidet keine Veränderung unter dem Einfluß der atmosphärischen Stoffe.

Vorzug des humusreichen vor dem humusarmen Boden.

Es ist leicht begreiflich, weswegen stets auf einem humosen Lehmboden die Ernten viel reichlicher ausfallen als auf einem humusarmen dürren Sandboden, es ist sehr natürlich, daß die auf einem völlig humuslosen Boden gezogenen Pflanzen eine weit geringere Masse von vegetabilischer Substanz produciren, als Pflanzen derselben Art, wenn sie in einer fruchtbaren Ackererde cultivirt werden. Es sind vielerlei Bedingungen zu einer üppigen Vegetation erforderlich, und nicht ist es allein ausreichend, der Pflanze die ihr zusagende Nahrung zuzuführen, man muß auch dafür Sorge tragen, daß stets Feuchtigkeit und atmosphärische Luft in passender Menge mit ihren Wurzeln in Berührung treten kann, und daß den Wurzeln selbst bei ihrer Ausbreitung im Boden kein mechanisches Hinderniß entgegentritt. In der gewöhnlichen fruchtbaren Ackerkrume sind diese und noch andere physische Bedingungen erfüllt und sie ist eben um so fruchtbarer, je mehr dieselben in einem geeigneten Verhältnisse zur ganzen Organisation der Pflanze stehen. Dagegen ist der reine Sand oder der humusfreie Kalk und Thon, selbst wenn auch alle der Pflanze unentbehrlichen Nahrungsstoffe zugegen sind, dennoch unfruchtbar, weil er die physischen Bedingungen des Pflanzenlebens nicht zu erfüllen vermag. Aus diesen allgemein bekannten und unbestrittenen Thatsachen kann man nicht die Folgerung ziehen wollen, obgleich es in der That noch immer häufig genug geschieht, daß die Pflanze wenigstens zu ihrem üppigen Gedeihen und vollständigen Wohlbefinden einer Spur von Humus bedarf, wenn sie auch ohne die Gegenwart desselben einen gewissen Grad der Entwicklung zu erlangen vermag. Diese Ansicht widerstreitet allem dem, was wir von der Ernährung der Pflanze wissen und scheint aus einer stets auf Irrwege führenden Analogie mit dem Thierreiche hervorgegangen zu sein. Aehnlich wie es dem Menschen in der Regel bei einem guten Braten und einer Flasche Wein am besten gefällt, obgleich er auch mit Brod, Kartoffeln und Wasser sein Leben zu fristen vermag, so soll auch die Pflanze allerdings mit magerer Kost fürlieb nehmen können, aber bei der fetten Nahrung des Humus sich am wohlsten befinden. Die Pflanze ist stets und überall auf eine und dieselbe Nahrung angewiesen, sie kann nicht willkürlich und je nach den Umständen die eine Nahrung mit der anderen vertauschen; wenn nur ein einziger Stoff, der zur völligen Entwicklung der Pflanze das Seinige beiträgt, und sei er in noch so unbedeutender Menge hierzu ausreichend, vollständig im Boden oder der umgebenden Atmosphäre fehlt, so gelangt eben die Pflanze nicht zu ihrer völligen

Ausbildung, sie kränkelt und geht endlich vor erlangter Samenreife ein. Wenn wir eine Pflanze nur ein einziges Mal ohne alle und jegliche Spur von Humus vollständig, ja sogar, wie die vorher angeführten Beispiele beweisen, auf das Ueppigste sich entfalten und ohne merkliche Störung alle Phasen ihres Lebens durchlaufen sehen, so ergiebt sich schon hieraus mit Nothwendigkeit, daß diese Pflanze unter allen Verhältnissen des Humus nicht bedarf und also auch denselben nicht in sich aufzunehmen und zu verarbeiten vermag.

Saussure's Versuche über die Humusaufnahme.

Es ist wohl kaum nöthig auf die Gründe noch näher einzugehen, welche die Anhänger der directen Humusnahrung zur Vertheidigung ihrer Ansicht beizubringen pflegen. Zuerst wird stets auf die Versuche hingewiesen, welche Saussure in neuerer Zeit ausgeführt hat, und die beweisen sollen, daß der Pflanze die Fähigkeit zukomme, die Humuslösung direct aus dem Boden in sich aufzunehmen. Saussure hat nämlich zwei Versuche angestellt, einmal ließ er eine Bohnenpflanze, das andere Mal ein Exemplar des gemeinen Knöterig (Polygonum persicaria) in einer Auflösung von humussaurem Kali vegetiren und beobachtete im ersteren Falle in 14 Tagen eine Gewichtszunahme bei der Bohnenpflanze von 6000 Milligramm, während zu gleicher Zeit das Gewicht des aufgelösten humussauren Kalis um 20 Milligr. oder das des Humus selbst um 9 Milligr. abnahm. Die Pflanze des Knöterig dagegen hatte in 10 Tagen um 3500 Mgr. an Gewicht zugenommen, und die Auflösung 43 Mgr. an Humussäure verloren. Die scheinbare oder wirkliche Aufnahme der Humuslösung in dem ersten Versuche ist so gering, daß das gefundene Resultat, bei Untersuchungen so schwieriger Art, ebenso gut einem Beobachtungs- und Wägungsfehler zugeschrieben werden kann, als dem wirklichen Uebergange von Humus in die Pflanze. In dem zweiten Versuche ist die Abnahme des Humusgehaltes der Lösung allerdings beträchtlicher; indessen haben offenbar beide Versuche durchaus keine Beweiskraft zur Entscheidung der vorliegenden Frage. Denn einmal ist, wie es scheint, diejenige Menge des Humus, welche durch Verwesung unter dem Einfluß der atmosphärischen Luft aus der Flüssigkeit verschwinden muß, nicht in Abrechnung gebracht worden; sodann ist es ein Ding der Unmöglichkeit, irgend eine Pflanze aus dem Boden zu ziehen, ohne daß die feinen und zarten Wurzelenden verletzt und theilweise abgerissen würden; in diesem Falle ist aber der Humuslösung, wie jeder anderen Flüssigkeit, der freie Zutritt in die Wurzel gestattet, diese letztere saugt jene Lösung mechanisch auf;

5*

endlich ist aber auch zu bedenken, daß Versuche, bei denen die Bedingungen eines normalen Wachsthums einer Pflanze gewaltsam gestört und aufgehoben werden, niemals ein sicheres Resultat liefern können. Die Bohnenpflanze z. B. war von ihrem natürlichen Standorte entfernt und mit ihren Wurzeln in eine Flüssigkeit und noch dazu in eine reine Humuslösung gebracht, also eine an den festen Boden, an einen trocknen Standort gewöhnte Pflanze hier äußeren Verhältnissen ausgesetzt, wie sie kaum einer reinen Wasserpflanze zusagen konnten. Wenn auch die Pflanze hier noch eine Zeitlang fortzuwachsen in Stande war, so konnte dieses Wachsthum doch unmöglich ein normales sein, weil sehr bald die zarten Wurzelspitzen unter diesen unnatürlichen Verhältnissen Schaden nehmen mußten. In der That hat auch Saussure selbst angegeben, daß die Wurzeln bei mehreren seiner Versuche während der Absorption der organischen Extracte gelitten hätten und besonders an ihren Enden schwarz geworden wären, und fügt sogar die Bemerkung bei: „Wenn die Zersetzung der Wurzelenden größer war als die Absorption der nährenden Substanz, oder auch nur, wenn beide Wirkungen gleich waren, so konnte man nicht über die Menge der zur Nahrung verwendeten Stoffe urtheilen."

Versuche von Wiegmann und Polstorff.

Hierzu kommt noch, daß andere nicht weniger sorgfältige Beobachter, sogar bei Anwendung derselben Pflanzen zu ganz anderen Resultaten gelangt sind, so namentlich Wiegmann und Polstorff. Diese setzten nämlich am 18. Juni eine 8 Zoll hohe Pflanze von Mentha undulata und eine ebenso hohe Pflanze von Polygonum persicaria, beide mit vollkommen entwickelten und unverletzten Wurzeln, in einen mit Humusextract gefüllten Cylinder. In je 100 Grm. dieser Auflösung waren 148 Milligr. fester Rückstand (aus organischer Materie, kohlensaurem Kalk u. s. w. bestehend) enthalten. Der Cylinder wurde nun, so weit die Wurzeln im Wasser waren, um das Licht von denselben abzuhalten, mit dunklem Papier verklebt und in ein Zimmer vor das Fenster gestellt. Zu gleicher Zeit wurde an denselben Ort ein gleich großer Cylinder gebracht, der ebenfalls mit demselben Humusextracte angefüllt war, aber keine Pflanzen enthielt. Die Pflanzen wuchsen in dem Humusextracte freudig fort und trieben lange, sich bis zum 18. Juli weiß erhaltende Wurzeln in großer Menge. Die von denselben verbrauchte Flüssigkeit wurde alle drei Tage durch destillirtes Wasser ersetzt. Die weingelb gefärbte Flüssigkeit in dem die Pflanzen enthaltenden Cylinder wurde sichtlich heller und war am 18. Juli ziemlich entfärbt,

blieb aber beständig klar und beide Pflanzen waren am 18. Juli um $6\frac{1}{2}$ Zoll gewachsen und hatten mehrere Blätter getrieben. Die Mentha kam nicht zum Blühen, das Polygonum aber hatte bis zu dieser Zeit drei Blüthenähren getrieben, deren Blüthen jedoch unentwickelt abfielen. Nachdem die Pflanzen nun also einen Monat lang in dem Humusextract gestanden hatten, zog man dieselben aus und es fand sich nun in 100 Grm. der Flüssigkeit ein Rückstand von 132 Milligrm. Dieselbe Menge Humusextract, in dem anderen Cylinder einen Monat lang der atmosphärischen Luft ausgesetzt, enthielt 136 Milligrm., es war also in beiden Fällen eine Differenz von nur 4 Milligrm., welche offenbar innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler liegt und außerdem noch sehr wohl durch die Aufnahme von verschiedenen ebenfalls in der Auflösung vorhandenen Mineralstoffen herrühren, so namentlich durch die Aufnahme einer geringen Menge Kalk bedingt sein konnte. Mit dem zuletzt beschriebenen Versuche stimmt außerdem noch ein von Saussure ferner angestellter Versuch auf das Vollkommenste überein, bei welchem während der Vegetation der Knöterigpflanze die Aufnahme einer ungleich geringeren Menge Humus beobachtet wurde, als in dem oben angeführten Versuche. Saussure ließ nämlich zwei Exemplare von Polygonum persicaria in der Humuslösung vegetiren, sie hatten nach 9 Tagen um 7 Centimeter oder beinahe 3 Zoll an Größe zugenommen und während dieser Zeit zusammen nur 5 Milligramme von dem ganzen zur Anwendung gekommenen Dammerdeextracte, also nur etwa 2 Milligr. Humus absorbirt, mithin eine Quantität, welche um so mehr eine vollkommen verschwindende zu nennen ist, da von derselben noch diejenige Menge Humus in Abzug gebracht werden muß, welche während jener Zeit durch Verwesung zerstört worden ist.

Mulder, ein eifriger Vertheidiger der directen Humusnahrung, behauptet oder vermuthet vielmehr, daß die Humussäure, wenn sie auch zur Bildung der Hauptmasse der Pflanze, der stickstofffreien Bestandtheile derselben (Holzfaser, Stärke, Zucker u. s. w.) nichts beitrüge, so doch in Verbindung mit Ammoniak von der Pflanzenwurzel aufgenommen und hier zu der Bildung der stickstoffhaltigen, der sogenannten Proteinverbindungen (Pflanzeneiweiß, Pflanzenkäsestoff, Kleber) verwendet würde, indem diese Körper nach Mulder in der Wurzel erzeugt und erst von hier aus in alle übrigen Theile der Pflanze übergeführt werden sollen. Es ist diese Annahme eine reine Hypothese, welche durchaus nicht durch directe Versuche unterstützt wird. Die Behauptung Mulder's Ansicht über Humusaufnahme.

Mulder's wird einfach und vollständig widerlegt durch die nicht mehr abzuläugnende und zu widerstreitende Thatsache, daß auch Proteinkörper in der Pflanze sich erzeugen können, ohne daß der letzteren Humus von Außen her aus dem Boden geliefert wird, nämlich wenn Pflanzen in einem völlig humusfreien Boden wachsen und gedeihen. Was aber nicht nothwendig und wesentlich ist zum Gedeihen der Pflanze, das kann auch überhaupt nicht als Nahrung von derselben aufgenommen oder wenigstens nicht verarbeitet werden, nicht direct zur Vermehrung der vegetabilischen Substanz beitragen.

Ich muß hier noch einer Untersuchung über den Humus Erwähnung thun, nicht weil sie ihrem Werthe nach hier besondere Berücksichtigung verdiente, sondern allein weil sie von der Société centrale d'Agriculture du Departement de la Seine-inférieure am 15. Nov. 1849 gekrönt worden ist und deswegen von Nicht-Sachverständigen vielleicht als ein wichtiger Beitrag zur Lösung der hier vorliegenden Frage angesehen werden könnte. Diese Arbeit liefert den Beweis, daß in Frankreich eine Abhandlung gekrönt werden kann, welche zwar manches Interessante enthält, aber eher alles Andere beweist als das, was bewiesen werden sollte, nämlich ob der Humus directe Ernährungsfähigkeit für die Pflanze besitze oder nicht. Soubeiran, der Verfasser dieser Abhandlung, untersuchte eine einzige fruchtbare Erde und fand, daß diese mit Wasser eine schwach gelblich gefärbte Auflösung lieferte, daß die mit Wasser ausgezogene Erde, die concentrirte sowohl als die verdünnte Ammoniakflüssigkeit bei Ausschluß der Luft nur sehr wenig färbte, dagegen in Berührung mit der Luft bald eine braune Flüssigkeit sich bildete; der Humus ging hierbei unter Aufnahme von Sauerstoff und Entwicklung von Kohlensäure aus der unlöslichen Modification in die auflösliche über. Die größte Menge des Humus aber fand Soubeiran in der von ihm untersuchten Gartenerde an Kalk gebunden vor, eine Verbindung, die nur sehr wenig in Wasser und kaum leichter in Aetzammoniak-Flüssigkeit auflöslich ist, dagegen mit kohlensaurem Ammoniak behandelt sofort eine dunkelbraune Flüssigkeit liefert, indem nämlich leicht lösliches, humussaures Ammoniak gebildet und gänzlich unlöslicher kohlensaurer Kalk ausgeschieden wird. Ferner glaubt Soubeiran aus einigen wenigen Analysen folgern zu können, daß nur im Anfange bei dem Uebergange von Holzfaser in Humus Sauerstoff aus der Atmosphäre absorbirt und Kohlensäure entwickelt würde, später aber, wenn der in Ammoniak auflöslich gewordene Humus einen

Soubeiran's Versuche.

Kohlenstoffgehalt bis zu höchstens 57 Proc. erlangt habe, durchaus keine Veränderung mit demselben weiter vorgehe. Er fand in dem von ihm für rein gehaltenen Humus stets noch 2 bis $2^1/_2$ Proc. Stickstoff, den er als zur Zusammensetzung des Humus gehörig und nicht als in der Form von Ammoniak vorhanden betrachtet. Als ob die sorgfältigen und umfassenden Untersuchungen Mulder's über die Humussubstanzen gar nicht vorhanden wären! Die Unveränderlichkeit des einmal gebildeten Humus soll ferner durch die Beobachtung bewiesen werden, daß reiner (?) Humus, unter einer mit Quecksilber von der äußeren Luft abgesperrten Glasglocke, in einem Zeitraume von 6 Monaten das Volumen der unter der Glasglocke befindlichen Luft nicht merklich verändert habe; mit keinem Worte ist hierbei erwähnt, ob denn (wie doch de Saussure bei ebenfalls unverändert gebliebenem Volumen beobachtete) nicht die Qualität der Luft eine Aenderung erlitten habe, ob nicht vielleicht an die Stelle eines Theils des Sauerstoffgases Kohlensäuregas getreten sei. Aus diesen höchst mangelhaften Versuchen schließt nun Soubeiran mit großer Kühnheit schon a priori, daß der Hauptnutzen des kohlensauren Ammoniaks für die Pflanzen darin bestehe, daß es den letzteren die vermeintlich unentbehrliche Humussäure zuführe, indem der in der Erde vorhandene humussaure Kalk die angeführte Zersetzung erleide, und daß der einmal gebildete und an Basen, wie Kalk, Ammoniak u. s. w. gebundene Humus an der Luft weiter durchaus keine Zersetzung in Kohlensäure und Wasser erleide, sondern allein durch den Uebergang in die Pflanze in der Form von humussaurem Ammoniak und durch die im Organismus erfolgte Assimilation aus dem Erdboden wieder verschwinde. Es ist kaum begreiflich, wie man aus solchen Versuchen solche Folgerungen ziehen kann. Es müßte also nach dieser Behauptung jährlich eine nicht unbedeutende Menge von auflöslichem Humus in der Pflanze verarbeitet werden, während doch alle mit Sorgfalt ausgeführten Vegetationsversuche beweisen, daß diese Quantität, wenn überhaupt eine Aufnahme stattzufinden scheint, doch selbst unter den dieser Aufnahme günstigsten äußeren Verhältnissen eine fast verschwindend geringe ist. Aber auch eine von Soubeiran selbst mitgetheilte Beobachtung spricht gegen die Wahrscheinlichkeit einer directen Aufnahme des Humus durch die Pflanzen. Er hat nämlich bemerkt, daß die Düngmittel, welche neben firen, nicht flüchtigen Ammoniaksalzen auch kohlensauren Kalk enthalten, bei dem allmäligen Austrocknen kohlensaures Ammoniak entweichen lassen, ganz so wie

dieses von Boussingault schon längst bei Gemengen der reinen Ammoniaksalze mit kohlensaurem Kalk nachgewiesen ist. Eine Auflösung von Gips oder schwefelsaurem Kalk verhält sich hinsichtlich seiner Schwerlöslichkeit ganz ähnlich dem humussauren Kalk, der ebenfalls etwas, wenn auch nur wenig, in Wasser auflöslich ist; beide Lösungen werden bei Gegenwart von vielem Wasser auf die Weise zersetzt, daß völlig unlöslicher kohlensaurer Kalk sich ausscheidet und eine leicht lösliche Verbindung, in dem einen Falle schwefelsaures und in dem anderen Falle humussaures Ammoniak, in der Flüssigkeit zurückbleibt. Wenn man nun aber das Wasser langsam verdampfen läßt, so verdunstet mit demselben wieder kohlensaures Ammoniak, während die erstere schwerlösliche Verbindung abermals zurückbleibt. Wie nun das schwefelsaure Ammoniak als solches niemals in einigermaßen bedeutender Menge in den Organismus der Pflanze hineindringt, sondern immer erst wieder eine Umwandlung in kohlensaures Ammoniak erleiden muß, ganz in derselben Weise erfolgt, nach meiner Ansicht wenigstens, die Umwandlung des humussauren Ammoniaks in kohlensaures bei dem allmäligen Austrocknen der Ackererde oder bei der allmäligen Absorption der Feuchtigkeit durch die Wurzeln, in unmittelbarer Berührung oder ganz in der Nähe der letzteren, aber stets außerhalb derselben. Soubeiran hat endlich auch wirklich zwei Vegetationsversuche angestellt, welche die directe Ernährungsfähigkeit des Humus vollkommen beweisen sollen. Man höre und urtheile! Es wurde zuerst ein kräftiges Exemplar von Rainkohl (Lampsana communis) vorsichtig aus der Erde genommen und in eine sehr verdünnte Auflösung von neutralem humussaurem Ammoniak gesetzt. Der Versuch dauerte nur 8 Tage und die Pflanze schien in der Flüssigkeit während dieser Zeit sich wohl zu befinden. Jeden Tag wurde sie in eine neue Flüssigkeit von gleicher Concentration gesetzt. Abgesehen von den niemals zu vermeidenden Uebelständen, welche mit solchen Vegetationsversuchen in Humuslösungen stets verbunden sind und worauf ich bereits oben aufmerksam gemacht habe, abgesehen von der kurzen Dauer des Versuches, welche gar kein sicheres Resultat zuließ, so muß doch angeführt werden, daß Soubeiran sich die Sache überaus leicht gemacht hat, indem er in diesem Versuche, wo er täglich mit der Flüssigkeit wechselte, die directe Aufnahme von Humus einzig und allein aus der helleren Farbe beurtheilte, welche die Flüssigkeit nunmehr annahm, wenn er dieselbe durch Zusatz von destillirtem Wasser auf das ursprüngliche Volumen brachte; nicht ein-

mal durch directe Wägung wurde die etwa eingetretene Verminderung des Humusgehaltes in der Lösung nachgewiesen! Auch Polstorff bemerkte bei seinen Versuchen ein Hellerwerden der Humuslösung, aber trotzdem hatte der Humusgehalt der Flüssigkeit, selbst bei weit längerer Dauer des Versuches nur um eine kaum wägbare Spur abgenommen. Noch wunderbarer ist der zweite von Soubeiran ausgeführte Versuch. Er säete nämlich Hafer und Bohnen in ausgeglühte, also humusfreie Gartenerde und begoß die sich entwickelnden Pflanzen alle Tage mit einer sehr verdünnten Auflösung von humussaurem Ammoniak; die Pflanzen wuchsen freudig fort und trugen Blüthen und Früchte. Aus diesem Erfolge und aus weiter Nichts schließt nun Soubeiran sofort, daß das humussaure Ammoniak den Pflanzen ein wesentliches, unentbehrliches, wichtiges, directes Nahrungsmittel sei! Wahrlich, die Preisrichter der Ackerbau-Gesellschaft zu Rouen sind sehr leicht zufrieden gestellt!

Es ist in der That kaum begreiflich, wie noch immer einzelne Gelehrte so hartnäckig bei ihrem Glauben an die unmittelbare Ernährungsfähigkeit des Humus beharren können. Alle die Betrachtungen, Thatsachen, Erscheinungen, Beobachtungen und Erfahrungen, welche im Vorhergehenden aufgezählt und zusammengestellt worden sind und die noch fast in's Unendliche vermehrt werden können, beweisen auf das Klarste die Unrichtigkeit dieses Glaubens, immer und überall werden wir auf die für alle Zeiten feststehende Thatsache hingewiesen: **Der Humus besitzt keine directe Ernährungsfähigkeit für alle Culturpflanzen und für die meisten anderen Gewächse.**

Verhalten einzelner Pflanzengruppen zum Humus.

Ich sage hier „für die meisten anderen Gewächse", denn keineswegs will ich die Ernährungsfähigkeit des Humus für alle Pflanzen ohne Ausnahme bestreiten. Bei einigen Pflanzen ist nämlich ihr Verhalten gegen den Humus oder überhaupt auflösliche organische Substanzen noch unklar, bei anderen dagegen die wirkliche Aufnahme derselben sogar bewiesen oder doch im höchsten Grade wahrscheinlich. Zu den Pflanzen der ersteren Art gehören nämlich sowohl die reinen Sumpf-, besonders Moorpflanzen, als auch die sogenannten Parasiten oder Schmarotzerpflanzen höherer Organisation. Diejenigen Sumpfpflanzen, welche nur der Feuchtigkeit nachgehen, sind offenbar in ihrer ganzen Entwicklung den reinen Wasserpflanzen analog, das Verhalten des Humus, als Nahrungsstoff betrachtet, gegen dieselben ist durchaus indifferent. Dagegen könnte man hinsichtlich derjenigen

Der Sumpf- und Moorpflanzen.

Sumpf- und Moorpflanzen, deren Existenz vorzugsweise an den sogenannten sauren Humus, d. h. an den in Wasser zu einer braunschwarzen Flüssigkeit auflöslichen Humus gebunden zu sein scheint, wohl eine directe Ernährungsfähigkeit des letzteren vermuthen. Ein Torfmoor oder eine Moorwiese ist in der Regel überzogen mit einer überaus üppigen Vegetationsdecke, die aus Pflanzen mannichfacher Art gebildet wird. Sehen wir zunächst ab von den eigentlichen Moosen, die hier gewöhnlich die Hauptmasse der Gewächse ausmachen und betrachten nur die höher organisirten Gräser und Kräuter. Auch für die letzteren hat man eine directe Aufnahme organischer Substanzen behauptet. Diese Behauptung hat keinen anderen Grund, als denjenigen, welchen man aus dem Standorte dieser Pflanzen herleiten kann, keine directen Versuche sprechen für oder gegen dieselbe. Deswegen läßt die Humusfrage bei diesen Gewächsen sich noch nicht zur Entscheidung bringen. Nur die größere oder geringere Wahrscheinlichkeit kann man auf dem Wege der Analogie für die Richtigkeit der einen oder der anderen Ansicht nachweisen. Mir ist in der That die directe Aufnahme einer humusartigen Substanz auch in Bezug auf die hier erwähnten Pflanzen keineswegs denkbar, geschweige denn wahrscheinlich. Ich kann mir nicht vorstellen, wie zum Beispiel das Riedgras (saures Gras) in anderer Weise wachsen und ernährt werden sollte, wie das ächte Gras (süßes Gras) der Wiesen, der ganze anatomische und physiologische Bau ist in beiderlei Gewächsen so ähnlich und alle Erscheinungen während des Wachsthums sind so durchaus dieselben, daß hier eine Verschiedenheit der ursprünglichen Nahrungsstoffe wenigstens sehr viel Unwahrscheinliches hat. Hierzu kommt noch, daß diese sauren Gräser und anderen Moorgewächse keineswegs einzig und allein, wenn auch vorzugsweise, in einem Boden vorkommen, welcher sauren leicht auflöslichen Humus enthält. Ich möchte vielmehr auch hier, wie wohl in den meisten Fällen, das Auftreten bestimmter Gewächse als mehr durch den physikalischen als durch den chemischen Zustand des Bodens bedingt und verursacht ansehen. Erst directe Versuche, die hier keineswegs besonders schwierig auszuführen wären, werden unsere Kenntnisse hinsichtlich dieser Moor- und Sumpfgewächse völlig ins Klare bringen.

Die letztere Bemerkung gilt in einem noch höheren Grade von den Parasiten oder Schmarotzerpflanzen, bei welchen wir aber hier ebenfalls von den niedriger organisirten, den Pilzen, Flechten und Moosen absehen. Die Mistel, die Flachsseide, die Schuppenwurz sind solche Schmarotzer,

Der Schmarotzerpflanzen.

deren feine Würzelchen in andere Gewächse hineindringen oder die mit Saugwärzchen sich an andere lebende Vegetabilien anklammern, deren Nahrungssaft aussaugen oder doch theilweise absorbiren und dadurch schließlich das gänzliche Absterben derselben bewirken. Die Vermuthung liegt allerdings nahe, daß diese Pflanzen den fertig gebildeten Pflanzensaft, also eine an sich schon organische Materie in sich aufnehmen; und wenn dieses bis zur Evidenz durch genaue Versuche wirklich nachgewiesen werden könnte, so würde es wohl einigermaßen gestattet sein, von diesen Pflanzen auf andere ähnlich organisirte schließend auch für diese letzteren die directe Aufnahme von organischen Substanzen zu behaupten. Indessen ist dieses Uebergehen des unveränderten Nahrungssaftes aus der Mutterpflanze in den Schmarotzer durchaus nicht bewiesen und auch gar nicht einmal wahrscheinlich. Es müßten jedenfalls, wenn die Hauptnahrung der Schmarotzerpflanzen der fertige Pflanzensaft wäre, ganz andere Erscheinungen auftreten, als wie wir sie in der That bei allen höheren sogenannten phanerogamen Pflanzen beobachten, zu welchen auch die angeführten schmarotzenden Gewächse gehören. Es läßt sich der entschieden nachtheilige Einfluß der parasitischen Gewächse auf deren Mutterpflanze sehr wohl einfach dadurch erklären, daß die ersteren den letzteren mittelst ihrer feinen Wurzelfäden oder Saugwärzchen allein Feuchtigkeit und mit derselben die noch nicht assimilirte einfache Pflanzennahrung und einen Theil der im Pflanzensafte aufgelösten mineralischen Stoffe entziehen, wodurch natürlich schon eine örtliche Störung in der normalen Stoffbildung und Umwandlung in der Mutterpflanze eintreten, und bei fortdauernder Einwirkung endlich das völlige Absterben der letzteren unausbleiblich herbeigeführt werden muß.

Die Pilze, Moose und Flechten und auch die zu diesen Pflanzen-Familien gehörenden Schmarotzer, wie überhaupt alle die sogenannten kryptogamen oder reinen Zellenpflanzen, welche entweder, wie die Pilze, der grünen Farbe der gewöhnlichen Pflanzen gänzlich entbehren oder doch, wie die Mehrzahl der Moose, eine von der gewöhnlichen merklich verschiedene grüne Farbe besitzen, alle diese Gewächse nehmen höchst wahrscheinlich complicirtere Nahrungsstoffe, nämlich organische humus- oder eiweißartige auflösliche Materien in sich auf und vergrößern ihre eigene Masse durch Assimilation derselben. Ich werde später zeigen, wie man gefunden hat, daß diese während ihres Wachsthums ganz andere, den bei den höher organisirten Pflanzen beobachteten völlig entgegengesetzte Erscheinungen auftreten lassen. Dieses entgegengesetzte Verhalten Der Pilze, Moose und Flechten.

deutet auch auf eine andere Art der Ernährung hin und macht es sehr glaublich, daß hier wirklich eine Aufnahme von umgeändertem Humus oder einer anderen ihm ähnlichen organischen Substanz stattfinde. Aber niemals ist es gestattet, von diesen kryptogamen auf ein ähnliches Verhalten bei den höher organisirten Pflanzen zu schließen; bei diesen ist unter normalen Verhältnissen kein directer Uebergang von Humus oder einer humusartigen Substanz in die Pflanze denkbar und möglich.

2. Die Kohlensäure, das Wasser und Ammoniak als Nahrungsstoffe der Pflanze.

Die tägliche Erfahrung beweist und direkt angestellte Versuche bestätigen es, daß Pflanzen auch in einem Boden sich entwickeln und vollkommen zur Reife gelangen, welcher keine organischen Ueberreste, also auch keine Spur jener letzten Elemente von Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, welche die ganze Masse der vegetabilischen Substanz ausmachen, in organischer Verbindung enthält. Es muß also außerhalb des Bodens eine Quelle vorhanden sein, welche der sich entwickelnden Pflanze das Material liefert zur Erzeugung der ihr eigenthümlichen organischen Gebilde. Diese Quelle, aus welcher die Pflanze ihre Nahrungsstoffe vorzugsweise entnimmt, kann nur die Atmosphäre sein, deren Bestandtheile wir in dem ersten Abschnitte dieser Abtheilung ausführlich kennen gelernt haben. Eine andere Annahme ist nicht denkbar, eine andere Quelle nicht vorhanden.

Atmosphärische Nahrung der Pflanze.

Der thierische Organismus bedarf zu seiner Erhaltung Nahrungsstoffe, welche dem Pflanzenreiche oder dem Thierreiche angehören, also Substanzen, die von zusammengesetzter Art und dem Körper ähnlich sind, zu dessen Ernährung sie verwendet werden. Die Pflanze begnügt sich mit Nahrungsstoffen weit einfacherer Natur. Keineswegs aber sind die Nahrungsmittel der Pflanze ganz einfach; die Elemente selbst, in ihrem freien unverbundenen Zustande, haben nicht die Fähigkeit zur Ernährung, zum Wachsthum der Pflanze beizutragen. Die atmosphärische Luft besteht, wie oben angeführt wurde, bei weitem ihrer Hauptmasse nach, aus zwei einfachen gasförmigen Körpern, dem Sauerstoffgase und dem Stickstoffgase, welche beide in diesem freien unverbundenen Zustande in keiner Art und Weise zur Vermehrung der vegetabilischen Substanz mitwirken können. Wir müssen daher in anderen Körpern die Pflanzennahrungsstoffe suchen. Außer diesen beiden Hauptbestandtheilen der

atmosphärischen Luft sind in derselben stets noch Kohlensäuregas und Wasserdünste zugegen; das erstere ist bekanntlich eine innige chemische Verbindung von den Elementen des Kohlenstoffes und Sauerstoffes, das Wasser besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff. Da nun in der Atmosphäre weiter keine wesentlichen oder überall leicht nachweisbaren Gemengtheile vorhanden sind, so folgt aus dem Angeführten mit Nothwendigkeit daß eben jene beiden Körper, die Kohlensäure und das Wasser, die wichtigsten und Hauptnahrungsmittel der Pflanze sind, aus welchen diese die ganze Masse ihrer zahlreichen, einzig und allein aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff in verschiedenen Verhältnissen zusammengesetzten Producte bildet und erzeugt. Kohlensäure und Wasser.

Außer den einfachen, nicht weiter zerlegbaren Körpern des Kohlenstoffes, Sauerstoffes und Wasserstoffes geht noch ein viertes Element in die Zusammensetzung der vegetabilisch-organischen Masse ein, freilich in bedeutend geringerer Menge, als die angeführten drei Substanzen, aber dennoch für viele Erzeugnisse des Pflanzenreiches einen wesentlichen Bestandtheil bildend. Es ist nämlich der Stickstoff, ein Körper, welcher gerade in dem Theile der Pflanze vorzugsweise angehäuft sich vorfindet, dessen möglichst vollkommne Ausbildung ganz besonders in der praktischen Landwirthschaft erstrebt wird, nämlich in den Früchten und den Samen. Da nun die Kohlensäure und das Wasser keinen Stickstoff enthalten und also der Pflanze auch nicht darzubieten vermögen und da der freie atmosphärische Stickstoff ganz indifferent gegen das Wachsthum der Pflanze sich verhält, so muß nothwendig noch ein stickstoffhaltiger Körper in der Atmosphäre oder in dem Erdboden verbreitet sein, es muß außer der Kohlensäure und dem Wasser noch ein drittes und zwar stickstoffhaltiges Nahrungsmittel von der Pflanze aufgenommen werden, wenn diese in ihrer Entwicklung fortschreiten, zur völligen Ausbildung gelangen soll. In der Atmosphäre kann unter geeigneten Umständen eine innige chemische Verbindung ihrer beiden Hauptbestandtheile, des Stick- stoff- und Sauerstoffgases, stattfinden; es ist dies der Fall bei der Entladung der atmosphärischen Electricität, durch den Blitz nämlich wird die Entstehung einer geringen Menge von Salpetersäure, welche eine innige Verbindung jener beiden gasförmigen Hauptbestandtheile der Atmosphäre ist, veranlaßt. Salpetersäure. Die Salpetersäure ist ein das Wachsthum der Pflanze vorzüglich fördernder Stoff, wie schon aus der bekannten Thatsache sich ergiebt, daß der Chilisalpeter oder das salpetersaure Natron, als ein ausgezeichnetes Düngmittel sich bewährt hat. Jedoch ist die

Menge der Salpetersäure, welche auf die angeführte Weise an den wenigen jährlichen Gewittertagen erzeugt wird, so außerordentlich gering, daß in Folge dieses Prozesses nur ein fast verschwindender Theil der jährlich auf der Erdoberfläche sich entwickelnden Pflanzen mit dem zu ihrem Wachsthum unentbehrlichen Stickstoff versorgt werden kann. Es muß vielmehr noch eine andere Verbindung in der Luft oder in dem Erdboden vorhanden sein, aus welcher der Stickstoff in die Pflanze übergehen und von derselben assimilirt werden kann. Es giebt keinen anderen stickstoffhaltigen Körper, welcher vermöge seiner Beschaffenheit diese Fähigkeit besäße, als das Ammoniak, ein gasförmiger Stoff, der eine chemische Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff ist, bei der Fäulniß und Verwesung abgestorbener vegetabilischer und thierischer Ueberreste in großer Quantität entweicht, demzufolge in der Luft sich verbreitet, um von dem ersten Regen aufgelöst dem Erdboden wiederum zugeführt zu werden und hier die Pflanzen mit dem ihnen nöthigen Stickstoff zu versorgen. Das Ammoniak ist der vorzugsweise wirksame Bestandtheil aller animalischen Düngmittel. Der Pferdemist, der Schafmist, die Jauche verdanken ihren eigenthümlichen, stechenden urinösen Geruch ihrem Gehalte an diesem Stoffe; das Ammoniak ist mit einem Worte ein außerordentlich wichtiges Nahrungsmittel für die Pflanzen, und da in Folge von Versuchen und Beobachtungen es sehr wahrscheinlich ist, daß auch die Salpetersäure, ehe sie von den Wurzeln der Pflanze aufgenommen wird, zuerst eine Art von Fäulniß, eine Umwandlung in Ammoniak erleidet, so kann man annehmen, daß das Ammoniak der einzige Stoff ist, aus welchem der ganze den Pflanzen nöthige Stickstoff geliefert wird. Das Ammoniak, die Kohlensäure und das Wasser sind unzweifelhaft die einzigen Nahrungsmittel der höher organisirten Gewächse, aus welchen die ganze Quantität ihrer organischen Masse erzeugt wird.

Ammoniak.

Quellen der Kohlensäure und des Ammoniaks.

Die Kohlensäure und das Ammoniak werden fortwährend von den Pflanzen absorbirt, sie würden also aus der Atmosphäre, deren Bestandtheile sie sind, oder aus dem Erdboden, in welchem sie zurückgehalten werden, nach und nach verschwinden, wenn nicht in der Natur Quellen vorhanden wären, aus welchen in jedem Augenblicke neue Quantitäten jener Stoffe hervorströmen und den Pflanzen dargeboten werden. So wie nämlich die angeführten Verbindungen, indem sie als Nahrungsmittel der Pflanze verwendet werden, in der lebenden Pflanze zu der Erzeugung der mannigfachsten organischen Gebilde Veranlassung geben, so werden auch alle vegetabilischen Stoffe in dieselben Körper wiederum

aufgelöst, wenn sie nach dem Absterben des Individuums eine Zerstörung erleiden, sei es, indem sie unter dem Einflusse von Wärme und Feuchtigkeit und unter dem mehr oder weniger vollkommnen Zutritt der atmosphärischen Luft, den Prozessen der Gährung, Fäulniß, Verwesung und Verbrennung unterliegen, oder auch als Nahrungsmittel in den thierischen Körper eingeführt hier eine Zersetzung erleiden, in Folge deren ein bedeutender Theil jener Nahrungsstoffe aus den Lungen und selbst durch die Haut in der Form von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak ausgeathmet wird. Da der thierische Körper zum größten Theil durch vegetabilische Stoffe unterhalten und ernährt wird, so kann dessen Zusammensetzung in qualitativer Hinsicht keine andere sein als die der Pflanzen, die letzten elementaren Bestandtheile des thierischen Körpers sind ebenso, wie die der Pflanzen, die vier einfachen Stoffe, nämlich der Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff. Nur die quantitativen Verhältnisse sind wesentlich von einander verschieden und namentlich unterscheidet sich in chemischer Hinsicht der thierische Körper dadurch von dem vegetabilischen, daß er eine ungleich größere Menge Stickstoff unter seinen Bestandtheilen enthält und daher auch bei seiner Verwesung weit mehr Ammoniak unter seinen Zersetzungsproducten liefert. Für das Ammoniak kennen wir im Wesentlichen keine andere Quelle, als eben den Fäulniß- und Verwesungsprozeß organischer Körper. Die Ammoniakmenge, welche an einigen Punkten der Erdoberfläche die vulkanischen Ausbrüche begleitet und also aus dem Innern der Erde an die Oberfläche derselben hervortritt, so wie das Ammoniak, welches, wie wir andeuteten, herstammt von der an Gewittertagen in der Luft gebildeten und durch den Regen dem Erdboden zugeführten Salpetersäure, ein Prozeß, welcher allerdings in den heißen tropischen Zonen eine größere Bedeutung hat, als bei uns, — kann man der Quantität dieses Stoffes gleich setzen, welche für die Ernährung der Pflanze nach und nach verloren geht, indem das Ammoniak durch verschiedene Prozesse in seine einfachen Bestandtheile zerlegt wird, besonders aber als solches in dem Erdboden zugleich mit dem jährlich sich vergrößernden Humusgehalte desselben gebunden oder durch neu entstehende die Erdoberfläche überziehende Gesteinsmassen dem freien Zutritt der Atmosphäre allmählig entzogen wird. Im Allgemeinen bleibt die Menge des auf der Erdoberfläche vorhandenen Ammoniaks immer dieselbe, nur daß dieser Stoff zeitweise eine andere Form annimmt, indem dessen Stickstoff mit anderen Elementen im lebenden Organismus sich vereinigt. Das Ammoniak

wird zuerst aus der Luft oder dem Erdboden von der Pflanze aufgenommen und verarbeitet, durch die vegetabilische Nahrung geht der Stickstoff in die Zusammensetzung des thierischen Organismus ein, und in Folge der Zersetzung der todten Ueberreste der Organismen nimmt der Stickstoff wiederum die Form des flüchtigen Ammoniaks an, um von Neuem den angedeuteten Kreislauf zu beginnen. Einen ähnlichen Kreislauf beschreibt auch die Kohlensäure; sie ist ein beständiger, wenn auch wechselnder Bestandtheil der atmosphärischen Luft, deren absoluter Gehalt an diesem gasförmigen Körper, dem Gewichte nach über 3000 Billionen Kilogr. beträgt, eine Quantität, welche, den obigen und den folgenden Rechnungen zu Folge, verhältnißmäßig nur wenige Jahre ausreichen würde, um die ganze Pflanzenwelt mit der erforderlichen Kohlenstoffnahrung zu versehen. Nach Chevandier werden auf der Fläche einer Hectare in einem Buchenwald jährlich ungefähr 1800 Kilogr. Kohlenstoff zur Holzbildung verwendet. Diesen Kohlenstoff muß so gut wie ausschließlich die umgebende Atmosphäre liefern. Die über einer Hectare befindliche Luftsäule enthält 16900 Kilogr. Kohlenstoff; man hat also $\frac{16900}{1800} = 9,39$. Es ergiebt sich hieraus, daß, wenn die ganze Oberfläche der Erde mit einer derjenigen eines gut bestandenen Buchenwaldes gleichen Vegetation bedeckt wäre und wenn die durch dieselbe absorbirte Kohlensäure nicht wieder ersetzt würde, schon nach dem Verlauf von 9 Jahren die Luft vollständig ihres Kohlensäuregehaltes beraubt sein würde. Dieser Ersatz findet aber allerdings statt, die von den Pflanzen absorbirte Kohlensäure wird der Atmosphäre durch die schon mehrfach erwähnten Prozesse der Verbrennung, Respiration, Gährung, Fäulniß und Verwesung in großer Menge wiederum zugeführt. Eine ebenfalls sehr bedeutende Quantität des Kohlensäuregases tritt aus dem Inneren oder aus den tieferen Schichten der Erde durch die feuerspeienden Berge hervor, oder strömt von den Mineralquellen und selbst aus den Klüften der Felsen und durch die Poren des Erdbodens in die Atmosphäre hinaus, in Gegenden, wo, wie in Italien, noch gegenwärtig thätige Vulkane in der Nähe auftreten, oder wie am Laacher See, im Gebirge der Eifel und in Böhmen, eben jene Luftausströmungen oder heißen Mineralbrunnen die letzten Andeutungen sind eines von der Erdoberfläche nicht sehr entfernten Heerdes des vulkanischen Feuers. Der Kohlenstoff also, welcher jährlich durch die Pflanzen der Luft entzogen und durch den Verwesungs- und Verbrennungsprozeß nicht völlig der Atmosphäre zurückgegeben wird, sondern zu der jährlich stattfindenden Vermehrung des

Humusgehaltes der Ackerkrume beiträgt oder zur Ablagerung bedeutender Massen vegetabilischer Substanz in Sümpfen und Torfmooren die Veranlassung giebt, — wird reichlich aus den angeführten Quellen wiederum ersetzt, so daß die Kohlensäuremenge, welche in der atmosphärischen Luft enthalten ist, im Wesentlichen nicht geändert wird, sondern im Mittel stets dieselbe bleibt.

3. Feste mineralische Pflanzennahrungsstoffe.

Es sind in einigen Producten des Pflanzenreiches, in den stickstoffhaltigen, sogenannten proteinartigen Körpern, außer den mehrfach erwähnten vier Elementen, in vielen Fällen noch zwei Stoffe vorhanden, ebenfalls in inniger chemischer Verbindung mit den übrigen Bestandtheilen dieser organischen Substanzen. Es sind dies nämlich der Phosphor und der Schwefel, welche allerdings hier nur in fast verschwindender Menge auftreten, indem jeder dieser Körper in dem Kleber z. B. nur etwa $^1/_3$ Procent von dem ganzen Gewichte desselben ausmacht, aber trotz der geringen Quantität muß diese doch durchaus als wesentlich für die Zusammensetzung der ganzen organischen Substanz angesehen werden, denn bei völliger Abwesenheit des Phosphors und des Schwefels in der Umgebung der Pflanze, vermag diese auch nicht sich zu entwickeln, können sich nicht Proteinverbindungen bilden. Ob diese geringen Mengen von Phosphor und Schwefel, welche die Pflanze zur Vermehrung ihrer organischen Masse bedarf, in der Form von schwefelsauren und phosphorsauren Mineralsalzen, die überall in der Ackerkrume in nicht unbedeutender Quantität zugegen sind, aufgenommen werden, oder ob diese Stoffe gasförmig als Schwefelwasserstoff und Phosphorwasserstoff, welche bei der Fäulniß organischer Substanzen sich entwickeln und in höchst geringer Menge in der Luft verbreitet sein müssen, in die Pflanze zur weiteren Zersetzung und Verarbeitung übergehen, hierüber geben unsere gegenwärtigen Kenntnisse von der Vegetation keine Auskunft.

Schwefel- und Phosphorgehalt vegetabilischer Substanzen.

Wir haben uns ferner über einige andere in den vegetabilischen Organismus eingehende Stoffe Rechenschaft zu geben, nämlich über die festen Mineralkörper oder die Aschenbestandtheile, welche stets bei der Verbrennung eines jeden Theiles der Pflanze zurückbleiben, und deren Gegenwart in dem die Pflanzen ernährenden Boden eben so wichtig ist, als das Vorhandensein der vorher erwähnten Nahrungsstoffe in der Ackerkrume oder der umgebenden Atmosphäre. Wenn diese Mi-

Aschenbestandtheile der Pflanze.

neralstoffe nicht in der Ackerkrume zugegen sind oder nicht in einem auflöslichen, von der Pflanze aufnehmbaren und assimilirbaren Zustande sich befinden, dann kann, wie wir sogleich zeigen werden, auch kein Wachsthum der Pflanze stattfinden, dann sind die Nahrungsstoffe der Kohlensäure, des Ammoniaks und des Wassers auch nicht fähig in die organische verbrennbare Masse umgewandelt zu werden. Alle Bestandtheile, welche wir in der lebenden Pflanze vorfinden, müssen in einer bestimmten Form als Nahrungsmittel derselben von Außen her dargeboten werden, kein einziges der letzten Elemente kann durch den Organismus selbst erzeugt werden. In einer und derselben Pflanze, in einem bestimmten Theile derselben, sind, ebenso wie stets sich gleichbleibende organische Substanzen entstehen, immer auch dieselben Mineralkörper vorhanden, ja auch stets unter sich in gleichen quantitativen Verhältnissen, wenn nicht vielleicht eigenthümliche klimatische, Boden- und Witterungsverhältnisse die gleichsam krankhafte Ausbildung des ganzen Gewächses oder irgend eines einzelnen Theiles, sei es zum Nutzen oder Schaden des Poducenten, hervorgebracht oder befördert hat. Die mineralischen

Mineralische Pflanzennahrung.

Nahrstoffe der Pflanzen sind ähnlich wie die zur Erzeugung organischer Substanzen erforderlichen Mittel der Zahl nach nur wenige. Man findet sie mit wenigen Ausnahmen sämmtlich in allen Pflanzen und in allen Theilen derselben; nur in den quantitativen Verhältnissen bemerkt man wesentliche Verschiedenheiten. Die folgenden Mineralkörper werden von dem vegetabilischen Organismus aufgenommen: der Kalk und die Magnesia, unter der chemischen Benennung der alkalischen Erden zusammenbegriffen, das Kali und das Natron, unter dem gemeinschaftlichen Namen der Alkalien bekannt; diese 4 verschiedenen Substanzen

Mineralbasen.

bilden die Mineralbasen, welche für die Ernährung und das Wachsthum der Pflanzen von Bedeutung sind. Das Eisenoxyd und zum Theil auch das Manganoxyd findet sich allerdings fast allenthalben in der vegetabilischen Asche, wenn auch meistens nur in geringer Quantität, vor, scheint jedoch nicht für alle Pflanzen ein nothwendiger Nahrungs-

Mineralsäuren.

stoff zu sein. Den Mineralbasen gegenüber stehen die Mineralsäuren, welche mit jenen in eine innige chemische Verbindung eingegangen sind und mit ihnen zusammen die Aschenbestandtheile der Pflanzen ausmachen. Ebenso wie vorzugsweise 4 Mineralbasen in der Asche sich vorfinden, so sind es auch 4 Mineralsäuren, welche in die Zusammensetzung der lebenden Pflanze eingehen, nämlich die Kohlensäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure und das Chlor oder der Hauptbestandtheil der

Salzsäure. Außer den angeführten Körpern ist endlich noch die Kieselerde oder die Kieselsäure zu erwähnen, welche namentlich in einigen Pflanzen, wie in allen der Familie der Gräser angehörenden Gewächsen den größeren Theil der ganzen Asche ausmacht, und hinsichtlich ihres Vorkommens in der lebenden Pflanze sich dadurch von den übrigen Aschenbestandtheilen wesentlich verschieden verhält, daß sie mit keinem derselben im Organismus der Pflanze eine chemische Verbindung bildet, sondern für sich im freien Zustande aus dem Pflanzensafte sich ausgeschieden und vorzugsweise in den äußeren Theilen des Gewächses, wie in der Rinde oder in der die ganze Oberfläche des Vegetabils überziehenden Epidermis sich ausgeschieden hat, während die übrigen Aschenbestandtheile, oder die sogenannten sauren und basischen Mineralstoffe in den inneren Organen mit einander verschiedene innige Verbindungen bilden, die bei ihrem Uebergange in die verschiedenen Theile der Pflanze mannichfache Umsetzungen ihrer Atome erleiden und offenbar zu der Erzeugung der eigenthümlichen organischen Producte des Pflanzenreiches in sehr naher Beziehung stehen. Die chemischen Verbindungen der Mineralbasen und der Mineralsäuren, wie sie in der Asche der Pflanzen entweder sämmtlich zu gleicher Zeit oder mit einzelnen Ausnahmen auftreten, sind die folgenden:

Mineralverbindungen in der Pflanzenasche.

Kohlensaurer Kalk	Kohlensaures Kali
Phosphorsaurer Kalk	Kohlensaures Natron
Kohlensaure Magnesia	Schwefelsaures Kali
Phosphorsaure Magnesia	Schwefelsaures Natron
Phosphorsaures Kali	Chlornatrium
Kieselsäure	Chlorkalium
Eisenoxyd	Manganoxyd.

Hinsichtlich des Ursprunges der die Pflanzenasche bildenden Mineralverbindungen verweise ich auf den vorhergehenden Abschnitt, in welchem von der Entstehung der Ackerkrume die Rede war. Der Prozeß der Verwitterung liefert den wildwachsenden Pflanzen die zu ihrem Fortkommen nöthigen mineralischen Nahrungsstoffe.

Schon zu Anfang dieses Jahrhunderts erkannte de Saussure die Bedeutung der unorganischen oder mineralischen auflöslichen Körper für die Vegetation der Pflanzen. Zur völligen Klarheit wurde diese früher noch immer mehrfach bestrittene Thatsache erst in neuerer Zeit durch Wiegmann und Polstorff gebracht. Sie bewiesen nämlich durch sorgfältig ausgeführte directe Versuche, daß die Pflanze nach kurzer Zeit

Bedeutung derselben für das Gedeihen der Pflanze.

eingeht, wenn sie nicht aus ihrer Umgebung die erforderliche Quantität der Mineralsubstanz in sich aufnehmen kann. Unter anderen wurde folgender Versuch angestellt. Ein Platintiegel, angefüllt mit dem feinsten Platindraht, wurde mit destillirtem Wasser befeuchtet und unter die obere Schicht des Drahtes 30 Samenkörner von Kresse (Lepidium sativum) gelegt, der Tiegel auf einen Teller gesetzt und mit einer tubulirten Glasglocke, welche unten mit Talg bestrichen war, bedeckt. Durch eine künstlich bereitete atmosphärische Luft, bestehend aus 21 Maß Sauerstoff, 78 Stickstoff und 1 Kohlensäure, wurde die in der Glasglocke enthaltene Luft verdrängt. Vermittelst einer langen Pipette wurde den Pflänzchen das nöthige destillirte Wasser gegeben, welches freilich, da keine Verdunstung stattfand, nur einmal nöthig war, und alle 8 Tage die Luft der Glocke durch frische, von derselben Temperatur, mit Hülfe des Gasometers erneuert. Die Samen keimten nach Verlauf zweier Tage, entwickelten später Blätter und die Pflänzchen schienen sich ganz wohl zu befinden, erreichten eine verschiedene Höhe, einige von 2, andere von 3 Zoll, während eines Zeitraums von 26 Tagen, wo sie anfingen gelb zu werden und abzusterben. Zwei Samenkörner hatten sich nicht keimfähig gezeigt. Die 28 Pflänzchen wurden nun aus dem Apparat genommen und getrocknet, wobei sie trotz der kümmerlichen Entwicklung doch ganz den der Kresse eigenthümlichen scharfen Geruch zeigten, darauf im Platintiegel verbrannt. Sie lieferten eine Asche von 0,0025 Grm.; 28 gute Samenkörner von Lepidium sativum wurden nun ebenfalls eingeäschert und gaben bis auf eine unbedeutende Schwankung 0,0025 Asche, also ganz dieselbe Quantität wie die Pflanzen. Es ergiebt sich aus dem Resultate dieses Versuches, bei welchem alle übrigen Bedingungen zur Vegetation erfüllt zu sein schienen, daß die Pflanze bei Abwesenheit der nöthigen Menge an Mineralnahrung, sich nicht vollständig zu entwickeln, noch weniger aber diese selbst in ihrem Organismus zu bilden und zu erzeugen vermag.

Zu demselben Resultate, daß nämlich die oben angeführten Mineralstoffe im Ganzen wie im Einzelnen unentbehrlich seien für die Entwicklung der Pflanze, gelangte Polstorff bei seinen ganz vor Kurzem ausgeführten Versuchen. Besonders interessant sind die vom Fürsten zu Salm-Horstmar mitgetheilten Beobachtungen, welche die Richtigkeit der so eben ausgesprochenen Behauptung auf das Klarste beweisen. Er fand nämlich, daß die Pflanze, z. B. der Hafer, alle ihre Aschenbestandtheile nothwendig bedarf, wenn sie normal und kräftig sich entwickeln

soll. Ohne Kieselerde in der Bodenmischung, in welcher die Haferpflanze vegetirte, blieb diese ein niederliegender, glatter, bleicher Zwerg; ohne Kalkerde starb sie schon im zweiten Blatt; ohne Kali oder Natron wurde sie nur 3 Zoll lang; ohne Magnesia blieb sie schwach und niederliegend, ohne Phosphorsäure sehr schwach, aber aufrecht und normal geformt, ohne Schwefelsäure noch schwächer, aufrecht und normal geformt, aber ohne Frucht; ohne Eisen blieb sie sehr bleich, unkräftig und abnorm, und ohne Mangan erreichte sie nicht ihre volle Kraft und setzte nur wenig Blüthen an; das Natron konnte das Kali ersetzen, aber auf Kosten der Stärke der Haferpflanze, Magnesia konnte dagegen die Kalkerde nicht vertreten. Wenn aber alle die angeführten mineralischen Substanzen zusammen in einem geeigneten Verhältnisse zugegen waren, so gelangte die Haferpflanze zur vollständigen und ziemlich üppigen Entwicklung, auch bei völliger Abwesenheit von Humus und einer humusartigen Substanz im Boden.

B. Zuführung von Nahrungsstoffen zu der Pflanze und Aufnahme derselben durch die letztere.

1. Das **Wasser** fällt in der Form von Regen, Schnee und Thau auf die Erdoberfläche nieder, dringt in dieselbe ein, wird von den Wurzeln der Pflanzen aufgesogen, in dem Organismus derselben zum kleineren Theile zersetzt und assimilirt, zum größten Theile aber wieder von deren Oberfläche verdunstet. Man könnte vielleicht vermuthen, daß das Regenwasser vollkommen ausreichte, um die Pflanze mit dem zu ihrem Wachsthum nöthigen, dem sogenannten Vegetationswasser, zu versorgen. Dieses ist jedoch keineswegs der Fall. Diejenige Quantität des Wassers, welche während der Entwicklung der Pflanze von deren Oberfläche verdunstet, ist viel größer als die ganze Menge, welche in tropfbarflüssiger Form ihr zugeführt wird. Die folgenden Thatsachen und Beobachtungen beweisen die Richtigkeit dieser Behauptung vollkommen. **Hales**, ein Engländer, fand, daß von der Oberfläche einer ziemlich entwickelten Sonnenblume in den 12 Stunden des Tages durchschnittlich 610 Grm. Wasser verdunsten; das Ausdunsten wurde stets durch trocknes und warmes Wetter begünstigt, in feuchter Luft war es vermindert; auch während der Nacht betrug die Verdunstung einigemal nur 90 Grm. und war sogar ganz unterblieben. Mit diesen Angaben stimmen die Beobachtungen de **Saussure's** sehr gut überein, welcher bemerkte, daß eine

Aufnahme des Wassers.

Menge des von der Pflanze verdunsteten Wassers.

Sonnenblume innerhalb der 4 Monate ihres Wachsthums ungefähr 100 Kilogr. Wasser eingesogen und verdunstet haben mußte. Legen wir die letztere Beobachtung zu Grunde und geben einer jeden Pflanze der Sonnenblume 4 Quadratfuß Bodenfläche, so würde man auf der Fläche einer Hectare 25272 Pflanzen haben und diese mithin in den 4 Sommermonaten 2,527,200 Kilogr. Wasser aus dem Boden aufsaugen und wieder in die Luft verdunsten. Bedenkt man nun ferner, daß zwischen den Pflanzen der Sonnenblumen der Boden mit Gras und Unkraut bewachsen ist und daß dieses gewiß eine fast ebenso große Quantität Feuchtigkeit ausdunstet, so erhalten wir von der Fläche einer einzigen Hectare ein Gewicht des verdunsteten und also mittelst der Wurzeln dem Boden entzogenen Wassers, welches beinahe 5 Millionen Kilogr. ausmacht. Eine Hectare mit Kohl bepflanzt verlangt nach Hales 8 Millionen, mit Hopfen über 10 Millionen und ein Obstgarten wenigstens 8 Millionen Kilogr. Wasser. Nun fällt aber den Beobachtungen zufolge, in England während der 4 Sommermonate auf die Fläche einer Hectare höchstens 2,500000 Kilogr. Regen nieder, im Innern von Frankreich und Deutschland noch bedeutend weniger. Von dieser Regenmenge wird nur der geringste Theil wirklich von den Wurzeln der Pflanze aufgenommen, ein sehr großer Theil verdunstet vorher schon wieder in die Luft und noch mehr läuft von dem Erdboden ab, und wird durch Quellen, Bäche und Flüsse dem Meere zugeführt. Wie beträchtlich die Menge des letzteren ist, ergiebt sich aus den angestellten Messungen und Berechnungen, nach welchen die Themse (jedenfalls noch zu niedrig) $^1/_3$, der Unterrhein $^3/_4$, der Oberrhein $^4/_5$ des ganzen jährlich in dem Gebiete dieser Flüsse niederfallenden Regens, Schnees und Thaues fortführt; ja die Weser soll sogar nach den genauen und sorgfältigen Beobachtungen und Berechnungen von Berghaus eine größere Menge Wasser dem Meere zuführen, als die ganze Menge des atmosphärischen Wassers beträgt, zum Beweise, daß hier noch andere Quellen vorhanden sein müssen, aus welchen das Wasser der Weser zuströmt. Nimmt man nun aber auch an, daß im allergünstigsten Falle die Pflanze die Hälfte des Regenwassers aufsaugt und nur die andere Hälfte abfließt, so erhalten wir für die Fläche einer Hectare doch nur eine Quantität von 1,250,000 Kilogr. Wasser, während hier in der Wirklichkeit 5 bis 10,000000 Kilogr. Wasser von den Pflanzen verbraucht und verdunstet werden. Diese ganze Wasserquantität muß bei weitem zum größten Theile durch die Wurzeln dem Erdboden entzogen werden, indem

Menge des Regenwassers.

die Pflanze selbst an ihrer der Luft ausgesetzten Oberfläche fortwährend Wasser verdunstet, aber nur in sehr geringer Menge aus der umgebenden Atmosphäre absorbirt. Aus dieser ganzen Betrachtung ergiebt sich auf das Klarste, daß die größere Hälfte des Vegetationswassers von dem Erdboden aus den in der Luft stets verbreiteten Wasserdünsten aufgenommen, condensirt und als Feuchtigkeit den Wurzeln dargeboten wird, um nach der Verdunstung aus der Pflanze auf demselben Wege den Wurzeln derselben aufs Neue zugeführt zu werden. Es ergiebt sich ferner, wie außerordentlich wichtig für das ganze Gedeihen der Vegetabilien die dem fruchtbaren Erdboden stets eigenthümliche hygroskopische Beschaffenheit ist und das Vermögen die einmal aufgenommene Feuchtigkeit zurückzuhalten und nicht sofort wieder verdunsten zu lassen.

2. Während das Wasser fast allein von den Wurzeln aus in dem vegetabilischen Organismus sich verbreitet, ist dieses keineswegs bei dem zweiten Hauptnahrungsstoff, der Kohlensäure nämlich, der Fall, wie schon die folgenden, von Mulder herrührenden Betrachtungen beweisen. Die Kohlensäure wird in so bedeutender Menge von den Pflanzen aufgenommen, daß nach Chevandier jährlich auf einer Hectare 1800 Kilogr. Kohlenstoff dadurch gebunden werden. Diese Kohlensäure kann unmöglich aus dem Boden den Pflanzen zugeführt, d. h. die Aufnahme derselben nicht durch das Regenwasser vermittelt werden. Ein Liter Kohlensäure wiegt 1,98 Grm. Das Regenwasser enthält nur geringe Mengen Kohlensäure. Nehmen wir an, daß in 1 Liter Regenwasser 10 Cubikcentimeter Kohlensäure enthalten sein mögen (zu Utrecht fand Baumhauer in 1000 Grm., in 5 verschiedenen Regenwassern, die alle eine Zeitlang der Luft ausgesetzt gewesen waren, 4,70; 4,24; 7,93; 8,56; 9,09 C. C. Kohlensäure, also ist die Annahme von 10 C. C. auf 1000 Grm. Wasser jedenfalls noch zu hoch), so haben wir in 100 Kilogr. 1,98 Grm. Kohlensäure oder 0,547 Grm. Kohlenstoff. Eine Quantität von 330,000000 Kilogr. Regenwasser würde also eine einzige Hectare Land erfordern, um 1800 Kilogr. Kohlenstoff liefern zu können. Es fällt aber in dem Binnenland von Frankreich (nach Kämtz 24 Zoll oder 0,650 Meter; eine Hectare hat 10000 □ Meter, also pr. Hectare 6500 Cubikmeter jährlich; nach Simons und Greve in Holland 0,657 Meter, was pr. Hectare 6570 Cubikmeter beträgt) auf eine Hectare jährlich nur eine Quantität von 6,500000 Kilogr. Regenwasser, also ungefähr so viel, wie den vorher angeführten Beobachtungen zufolge allein während

Aufnahme der Kohlensäure

Mittelst des Regenwassers.

4 Sommermonaten von der Oberfläche der Pflanzen verdunstet. Es kann also höchstens nur $^1/_{50}$ der erforderlichen Menge von Kohlensäure aus der Luft mit den atmosphärischen Niederschlägen in den Erdboden eindringen und durch die Wurzeln den Pflanzen zugeführt werden. Die Quantität Kohlensäure, welche das Wasser aus den im Boden sich zersetzenden Humussubstanzen aufnimmt, ist hier nicht mitgerechnet. Derselben steht eine viel größere Menge Kohlensäure gegenüber, welche die Pflanzen durch die abgeworfenen Blätter verlieren, die, indem sie verfaulen, eine beträchtliche Menge Kohlensäure in die Luft verdunsten lassen; außerdem diejenige Quantität Kohlensäure, welche durch Exhalation ausgetrieben wird und endlich noch eine dritte Menge, welche mit dem aus dem Boden verdunstenden Wasser wieder in die Atmosphäre zurückkehrt. Die Quantität des gefallenen Regens ist für ein ganzes Jahr genommen, während die Pflanzen in gemäßigten und kalten Ländern nur einige Monate im Jahre Feuchtigkeit aus dem Boden nehmen. Dadurch wird die Rechnung noch viel ungünstiger für das Eintreten der Kohlensäure in die Pflanze durch die Wurzeln. Dagegen ist zu berücksichtigen, daß wir den Thau, welcher nicht tief in den Boden eindringt, aber vorzugsweise die Blätter beschlägt, noch nicht in Rechnung gezogen haben. Nehmen wir an, daß die Pflanze jährlich 6 Monate lang Wasser durch die Wurzeln aufnehmen und daß ebenso viel Thau als Regen in den Boden dringt, so bleibt die Rechnung noch dieselbe. Gehen wir von den Beobachtungen Chevandier's aus, welchen zufolge 1800 Kilogr. Kohlenstoff pr. Hectare condensirt werden, so müßte 1 Liter Regenwasser nicht 10 C. C., sondern 500 C. C. Kohlensäure enthalten, welches unmöglich ist. Aus dem Boden kann daher unter den gewöhnlichen Verhältnissen der wild wachsenden Pflanzen nur ein kleiner Theil der als Nahrungsstoff verarbeiteten Kohlensäure in den Organismus übergeführt worden sein. Der größte Theil dieser Substanz muß direct aus der Atmosphäre in die Pflanze eindringen.

Durch ihre Blätter nimmt die Pflanze einen großen Theil ihres Kohlenstoffes in der Form von Kohlensäure auf. Diese Thatsache ist auch durch directe Versuche bewiesen. Ich mache hier nur auf einen, in neuester Zeit von Boussingault ausgeführten Versuch aufmerksam, der besonders interessant ist, weil derselbe auf eine Pflanze sich bezieht, welche durchaus unter den gewöhnlichen Verhältnissen und auf ihrem natürlichen Standpunkte sich befand. Boussingault richtete im Sommer 1840 den folgenden Apparat ein. Ein Ballon von 15 Liter

Direct aus der Luft mittelst der Blätter.

Inhalt war mit 3 Oeffnungen versehen und eine in voller Frische stehende Weinrebe durch die untere Oeffnung eingeführt und zwar mittelst einer Kautschuckröhre genau luftdicht befestigt. Die Weinrebe hatte 20 Blätter. Durch den oberen Röhrenansatz ging eine dünne Röhre, um das Innere des Ballons mit der äußeren Luft in Verbindung zu setzen. Die seitliche Oeffnung stand mittelst einer eingeführten Röhre mit einem besonderen Apparate in Verbindung, um den Kohlensäuregehalt der Luft mit großer Genauigkeit zu bestimmen. Die Luft ging, ehe sie in den zuletzt angegebenen Apparat kam, durch den Ballon, in welchem der Zweig enthalten war. Die Schnelligkeit des Wassers betrug, nach dem Ausfluß eines mit Wasser gefüllten Aspirators bestimmt, 15 Liter in einer Stunde. Die Blätter wurden dem Lichte ausgesetzt und der Versuch dauerte von 11 bis 3 Uhr. Bei dem einen Versuch fand sich, nachdem alle Correctionen angebracht waren, daß die atmosphärische Luft nach ihrem Durchtritt durch den Ballon 0,0002 Kohlensäure enthielt; die Luft, welche zu derselben Zeit in der Nähe des Apparates aufgefangen war, enthielt dagegen 0,00045. Bei einem anderen Versuch betrug der Kohlensäuregehalt der Luft nach dem Austritt aus dem Ballon nur 0,0001, in der Luft der Umgebung dagegen 0,0004. Es verlor also die Luft bei dem ersten Versuche durch Einwirkung der dem Sonnenlichte ausgesetzten Blätter $^5/_9$, bei dem zweiten Versuche $^3/_4$ ihres Kohlensäuregehaltes.

3. Das **Ammoniak** ist der dritte Hauptnahrungsstoff für die Pflanze. Es ist nirgends in der Natur im freien Zustande vorhanden, sondern stets in Verbindung mit Säuren, vorzugsweise mit der überall gegenwärtigen Kohlensäure, und scheint sogar einzig und allein in dieser Verbindung, als kohlensaures Ammoniak, von der Mehrzahl der Pflanzen aufgenommen zu werden. Das kohlensaure Ammoniak, im gemeinen Leben unter dem Namen Hirschhornsalz bekannt, bildet im gereinigten Zustande eine feste, weiße krystallinische Masse, welche aber so flüchtig ist, daß sie schon bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft schnell wie Kampfer verdampft. Wegen dieser Flüchtigkeit ist es stets in der Atmosphäre verbreitet, kann aber hier niemals in bedeutender Menge sich ansammeln, weil es bei niedriger Temperatur wieder die feste Form annimmt und sich niederschlägt, besonders aber, weil jeder Regen oder Thau die ganze Menge des über einer bestimmten Fläche vorhandenen Ammoniaks im Wasser aufgelöst dem Erdboden wiederum zuführt. Man kann also aus dem etwa an einem

Aufnahme des Ammoniaks.

bestimmten Orte und zu einer gewissen Zeit gefundenen Ammoniakgehalt der Luft niemals die Menge des in der ganzen Atmosphäre enthaltenen Ammoniaks berechnen wollen, indem lokale Ursachen auf diesen Gehalt so bedeutend einwirken müssen, daß an einem und demselben Orte das eine Mal nicht unbedeutende Mengen Ammoniak in der Luft nachgewiesen werden können, während man das andere Mal keine Spur davon zu entdecken vermag. Ebenso wenig und aus derselben Ursache kann man aus der ganzen jährlichen Regenmenge berechnen, wie viel Ammoniak auf diese Weise einer Fläche Landes zugeführt wird. Schon die ersten niederfallenden Regentropfen müssen fast die ganze Menge des kohlensauren Ammoniaks der Luft entführen, indem das Wasser zu demselben eine sehr große Anziehungskraft besitzt. Intermittirende leichte, aber oft wiederkehrende Regen müssen verhältnißmäßig dem Erdboden weit mehr Ammoniak zuführen als starke und anhaltende Niederschläge. Es ist wohl kaum zweifelhaft, daß die ganze Menge des Ammoniaks, welche die Pflanze während ihres Wachsthums bedarf, in Wasser aufgelöst von den Wurzeln aus dem Erdboden aufgesogen wird. Direct aus der Atmosphäre vermag die Pflanze das kohlensaure Ammoniak nicht zu absorbiren, eher vermehrt sie den Gehalt der umgebenden Luft an diesem Bestandtheil, indem stets ein Theil des aufgenommenen Ammoniaks unverändert von der Oberfläche der Pflanze mit dem entweichenden Wasser wiederum verdunstet und außerdem auch aus dem Boden selbst das Ammoniak bei trockner Witterung theilweise sich verflüchtigt und demselben durch Regen und Thau erst wieder ersetzt wird. Die Menge des jährlich von der Vegetation gebundenen Ammoniaks ist nicht unbedeutend, ungeachtet der procentische Gehalt der Pflanze an Stickstoff verhältnißmäßig nur gering ist. Legt man die früher angegebenen Zahlen auch hier zu Grunde, und setzt zugleich den Stickstoffgehalt der trocknen vegetabilischen Substanz nur zu 1 Procent, so erhält man doch für die ganze Quantität des auf der Erdoberfläche jährlich von der Pflanze assimilirten Stickstoffes 270,000 Millionen Kilogr., oder da diese nur in der Form von Ammoniak haben aufgenommen werden können, 327,500 Millionen Kilogr. Ammoniak. Von diesem wird bei weitem der größte Theil aus dem Boden aufgenommen und es muß also der Boden selbst die Quelle sein, aus welcher das Ammoniak fast ausschließlich geschöpft wird und wohin dasselbe auch aus der Atmosphäre wieder zurückkehrt. Man kann aus zahlreichen, in neuester Zeit mit Sorgfalt ausgeführten

Menge des jährlich assimilirten Ammoniaks.

Bodenanalysen mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß die Menge des im Boden chemisch gebundenen Stickstoffes zu der des Kohlenstoffes durchschnittlich ungefähr sich verhält wie 1 : 15, woraus also folgen würde, daß auf der ganzen Erdoberfläche in der dieselbe überziehenden fruchtbaren Humusschicht, ungefähr 40 Billionen Kilogr. Stickstoff enthalten wären, welchen 49 Billionen Kilogr. Ammoniak entsprechen würden; also hinreichend, um länger als $1^1/_2$ Jahrhunderte die ganze Vegetation mit Stickstoffnahrung zu versorgen, vorausgesetzt, daß dieser in der Ackerkrume gebundene Stickstoff während dieser Zeit vollständig in den auflöslichen, assimilirbaren und also ammoniakalischen Zustand überginge.

4. Die Art und Weise, wie die **mineralischen Nahrungsstoffe** in die Pflanze gelangen, ist nicht schwierig zu ergründen. Die Salze der Alkalien und auch einige der Erden sind sämmtlich in Wasser leicht löslich, sie werden also zugleich mit dem Wasser aus dem Erdboden durch die Wurzel aufgenommen. Die in reinem Wasser unlöslichen Verbindungen der Kalk- und Magnesiasalze mit Kohlensäure und Phosphorsäure erhalten diese Auflöslichkeit bis zu einem gewissen Grade, wenn das Wasser, welches mit ihnen in Berührung kommt, freie Kohlensäure absorbirt hat. Dieses ist bekanntlich stets bei dem Regenwasser der Fall, welches im Erdboden, wo fortwährend organische Stoffe eine Zersetzung erleiden und in Folge dessen stets Kohlensäure sich ausscheidet, in noch höherem Grade mit diesem gasförmigen Körper geschwängert wird. Nach Lassaigne löst sich der basisch phosphorsaure Kalk aus den Knochen bei gewöhnlicher Temperatur in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser in dem Verhältniß von $\frac{75}{100,000}$ seines Gewichtes oder zu $\frac{1}{1333}$ auf; es scheidet sich wieder ab durch Einwirkung der Wärme und theilweise durch Sättigung mit Kali und Ammoniak. Auch verschiedene Salzlösungen verhalten sich als Lösungsmittel gegen den phosphorsauren Kalk; so soll nach Artus ein Liter Wasser, das $\frac{1}{12}$ seines Gewichtes Kochsalz gelöst enthält, bei gewöhnlicher Temperatur 0,333 Grm. basisch phosphorsauren Kalk aufnehmen können, und Liebig behauptet, daß Wasser, welches schwefelsaures Ammoniak enthält, den phosphorsauren Kalk so leicht auflöst, wie reines Wasser den Gips. Die Kieselsäure endlich ist ein Körper, von welchem zwei verschiedene Modificationen bekannt sind, nämlich eine, die in Wasser auflöslich und eine andere, die in demselben unlöslich ist. Die eine dieser Modificationen bildet den gewöhnlichen Quarz, welcher im mechanisch zerkleinerten

Aufnahme der Mineralstoffe.

Der alkalischen Erden.

Der Kieselsäure.

Zustande als Sand einen für die Gestaltung der physikalischen Eigenschaften wichtigen Bestandtheil der Ackerkrume bildet, in chemischer Hinsicht aber für die directe Ernährung der Pflanze keinerlei Bedeutung hat, wenn nicht vielleicht alkalische Wasser sehr lange auf denselben einwirken und so nach und nach etwas Kieselsäure in den aufgelösten Zustand überzuführen vermögen. Die zweite oder die in Wasser auflösliche Modification der Kieselsäure wird durch den Verwitterungsprozeß der kieselhaltigen, namentlich derjenigen Mineralien geliefert, welche zu gleicher Zeit Alkalien enthalten. Hier scheidet sich nämlich zunächst kieselsaures Kali oder Natron aus, welches, durch Kohlensäure zersetzt, die ausgeschiedene Kieselsäure in einem in Wasser auflöslichen Zustande zurückläßt. Verdampft man die wässerige Auflösung der Kieselsäure bis zur Trockenheit, so geht dieselbe in die unlösliche Modification über; ebenfalls ist die in der Pflanzenasche zurückbleibende Kieselsäure in Wasser unlöslich. In beiden Fällen ist aber die aus ihrer Auflösung ausgeschiedene Kieselsäure in einem so fein zertheilten Zustande zugegen, daß das Wasser, besonders wenn dasselbe alkalisch reagirt, wie es bei dem in der Ackerkrume vorhandenen in der Regel der Fall ist, die Fähigkeit erhält, nach und nach unter längerer, stetiger Einwirkung die Kieselsäure wiederum in den auflöslichen, d. h. in einen Zustand überzuführen, in welchem sie von den Pflanzen aufgenommen und assimilirt werden kann.

Sehr langsamer Uebergang in die Pflanze.

Die angeführten Mineralsubstanzen werden von der Pflanze in einer außerordentlich verdünnten Lösung absorbirt. Boussingault hat durch zahlreiche Gewichtsbestimmungen und Analysen nachgewiesen, daß jährlich durch eine gute Ernte von 1 Hectare im Durchschnitt fast genau 200 Kilogr. Mineralsubstanzen fortgenommen werden, die also im aufgelösten Zustande dem Boden entzogen worden sind. Von der Oberfläche der hier geernteten Pflanzen sind aber während ihres Wachsthums wenigstens 6 Millionen Kilogr. Wasser verdunstet, welches durch die Wurzel aufgenommen stets eine geringe Quantität von Mineralsubstanz mit in den vegetabilischen Organismus überführt. Jene 200 Kilogr. bilden also nur $\frac{1}{30,000}$ von dem Gewichte des durch die Pflanze hindurch gegangenen Wassers.

Die Aufnahme der angeführten Mineralstoffe geschieht durch die Wurzel der Pflanze und zwar mittelst so kleiner Oeffnungen oder Poren, daß diese selbst mit Hülfe der besten Mikroskope dem Auge nicht deutlich gemacht werden können; es ist vielmehr eine Art von

Durchschwitzen, welches hier und in der ganzen Pflanze stattfindet, bei der Vertheilung ihres Saftes in alle ihre Organe, ganz in ähnlicher Art, wie im thierischen Körper die Aufnahme der assimilirbaren Nahrungsstoffe in den Eingeweiden mittelst der feinsten in kleine Bläschen sich endigenden Sauggefäße vor sich geht und von diesen aus in die größeren Gefäße geleitet wird. Die Absorption der Mineralstoffe aus dem Boden durch die Pflanze ist vorzugsweise die Folge eines rein physikalischen Prozesses, welchen man die Endosmose nennt und der darin im Allgemeinen besteht, daß zwei Flüssigkeiten, von denen die eine concentrirter, an festen Stoffen reicher ist, als die andere, sich gegenseitig ins Gleichgewicht zu setzen, einen gleichen Grad von Concentration anzunehmen streben. Der Pflanzensaft bildet die eine und die in der Ackerkrume vorhandene, also außerhalb der Pflanze befindliche Feuchtigkeit die andere Auflösung. Von der Oberfläche der ganzen Pflanze, namentlich den Blättern, verdampft fortwährend eine bedeutende Menge Wasser, der Pflanzensaft wird also immer mehr concentrirt und erhält dadurch die Fähigkeit, neue Quantitäten von Feuchtigkeit dem Erdboden zu entziehen, mit welcher stets auch eine kleine Menge der in derselben aufgelösten Mineralstoffe in die Pflanze eintritt. Von den einmal aufgenommenen festen Mineralkörpern scheint aus der Pflanze nichts wieder mittelst der Wurzel ausgeschieden zu werden, weil in der gewöhnlichen Ackerkrume der Fall, daß diese eine concentrirtere Auflösung, als die des Pflanzensaftes, enthielte, kaum jemals eintreten möchte. Denn in der Ackerkrume sind die verhältnißmäßig in nur geringer Menge vorhandenen auflöslichen Salze über einen sehr großen Raum verbreitet; mit jedem starken und anhaltenden Regen ziehen dieselben sich mehr in den Untergrund und gelangen erst bei dem Austrocknen des Erdbodens wiederum nach und nach an die Oberfläche, und dann befinden sich namentlich die alkalischen Stoffe in der Ackerkrume auch höchst wahrscheinlich mit dem Humus in einer besonderen Verbindung, durch welche sie einen großen Theil ihrer leichten Auflöslichkeit verloren haben, so daß sie erst bei Gegenwart einer größeren Menge von Feuchtigkeit in die Pflanze gelangen. In dem Abschnitte, welchen wir der Düngerlehre widmen wollen, werden wir sehen, daß man durch Zusatz einer zu großen Menge von leicht auflöslichen Mineralsalzen zu der Ackerkrume, auch von solchen, welche sonst das Wachsthum der Pflanzen sehr befördern und deren gänzlicher Mangel das Wachsthum derselben gänzlich aufhören macht, — wiederum die Ackerkrume bis zu dem Zu-

Prozeß der Endosmose.

stande völliger Unfruchtbarkeit bringen kann, und dieses um so leichter, je geringer ihr Gehalt an humusartigen Bestandtheilen ist. Die Ursache dieser Erscheinung ist ohne Zweifel darin zu suchen, daß durch die Gegenwart einer großen Menge von auflöslichen Mineralstoffen die in dem Boden sich erzeugende Auflösung in ihrem Verhalten zu der in der Pflanze im normalen Zustande vorhandenen eine zu concentrirte wird; die Aufnahme neuer Feuchtigkeit durch die Wurzel ist nun wesentlich gehindert, überhaupt die Function der verschiedenen Organe gestört, und es wird nach und nach der Tod der Pflanze durch ein Uebermaß an mineralischer Nahrung herbeigeführt.

C. Zersetzung der Nahrungsstoffe in der Pflanze.

a) Erscheinungen und Prozesse bei dem Keimen des Samenkornes.

Bedingungen des Keimens.

Wirkung des Lichtes.

Das dem Schooße der Erde anvertraute Samenkorn erwacht zur Thätigkeit unter dem Einfluß von Wärme, Feuchtigkeit und dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft. Das Licht ist für die erste Einleitung des Keimungsprozesses nicht wesentlich; die Samenkörner keimen sogar schneller bei Ausschluß des Lichtes. Es ist möglich, daß namentlich das directe Sonnenlicht auf die während des ersten Verlaufes des Keimens auftretenden chemischen Prozesse im Samenkorne störend und ändernd einwirkt; auf der anderen Seite mag es auch durch Zuführung einer größeren Wärme dem Samen einen Theil der nöthigen Feuchtigkeit entziehen. Keineswegs aber ist die Gegenwart des Lichtes überhaupt dem keimenden Samenkorne schädlich, wie man wohl früher geglaubt hat; das gewöhnliche Tageslicht ist im Gegentheil sogar nothwendig zur freudigen Entwicklung der ersten Keime, sobald nur erst die Lebensthätigkeit im Samenkorne erwacht und also der Keimungsprozeß eingeleitet ist. Die Richtigkeit dieser Behauptung beweist der folgende, von Schleiden ausgeführte Versuch. Am 22. August wurden zwei ganz gleiche Zinkkästen mit feuchtem Sande gefüllt, in dieselben je 36 möglichst gleich ausgesuchte gesunde Gerstenkörner gesäet, der eine (Nr. 1) mit einem Glaskasten und der andere (Nr. 2) mit einem Zinkkasten von gleicher Größe bedeckt. Am 24. Aug. hatten in Nr. 1 nur 12 Pflanzen ein 1/4 Zoll langes Würzelchen, in Nr. 2 waren bereits fast alle so weit und zwei hatten schon zwei Nebenwürzelchen getrieben.

Am 26. Aug. war in Nr. 1 noch kein Blattkeim hervorgetreten, in Nr. 2 schon bei allen. Am 29. August hatten in Nr. 1 7 Stück noch keinen Blattkeim getrieben, bei 7 war der Blattkeim 1 Linie bis 1 Zoll lang, meist unter 6''', bei den übrigen 22 war der Blattkeim von 1'', 5 bis 3'', 5 lang. Bei allen war derselbe frisch grün. Sämmtliche 36 Pflänzchen wogen bei 88° R. getrocknet 1,589 Grm. In Nr. 2 hatten 25 Stück über 3'' lange, 8 dagegen nur 6''' bis 1'' lange Blattkeime, 3 hatten weder Wurzel noch Blattkeim. Alle waren bleich oder gelb. Sämmtliche Pflanzen wogen bei 88° R. getrocknet nur 0,564 Grm., also nur den dritten Theil der am Licht entwickelten Pflanzen. Schon Saussure ließ Samenkörner gleichzeitig unter zwei Glasglocken keimen, von denen die eine undurchsichtig, die andere durchsichtig war; er fand, daß bei gleicher Temperatur der Keimprozeß unter beiden Glasglocken völlig derselbe war; dagegen bemerkte er, daß bei der Fortsetzung des Versuches unter der dunklen Glasglocke das Blattfederchen eine matte und krankhafte Beschaffenheit zeigte, wogegen die in dem durchsichtigen Behälter sich entwickelnden Pflänzchen ein größeres Gewicht hatten und die Vegetation daselbst kräftiger und weiter vorgerückt war.

Ueber die Höhe der Temperatur, bei welcher die verschiedenen Samenkörner keimen, und über die Zeit, welche zur Entwicklung der Keime bei Gegenwart von denselben äußeren Bedingungen erforderlich ist, hierüber fehlt es durchaus an genügenden Beobachtungen. Unter 4° R. scheinen nur sehr wenige Pflanzen zu keimen; dagegen bis zu einer gewissen Gränze verläuft der Keimungsprozeß um so schneller, je höher die äußere Temperatur ist; sowie aber diese Gränze überschritten ist, tritt wieder eine Verlangsamung und endlich eine vollständige Störung ein. Weizen und Gerste keimten z. B. bei 16° bis 20° R. in 10 Stunden, bei 20° bis 28° R. in 12 Stunden, bei 40° gar nicht mehr (Edwards und Collin). Der Wärme.

Auch die Gegenwart der atmosphärischen Luft oder des in derselben enthaltenen Sauerstoffgases ist durchaus wesentlich für die Einleitung des Keimungsprozesses sowohl wie zu dessen Fortführung. Vorzugsweise in dem Mangel an freiem Zutritt der Luft liegt die Ursache, daß die Samen in der Ackerkrume verfaulen und also nicht zum Keimen gelangen, wenn sie zu tief untergebracht und also zu hoch mit Erde bedeckt worden sind. Die von Schleiden mitgetheilten Beobachtungen ergaben, daß Hülsenfrüchte, Getreide und Lein 1, 2, 3, 4, 5 Des Sauerstoffes.

und 6 Zoll tief gesäet um so später keimten, je tiefer sie lagen; bei den Hülsenfrüchten und dem Getreide betrug der Unterschied im April 10—14 Tage, im Juni 4—7 Tage. Der Lein keimte schon bei 5 Zoll gar nicht mehr, Weizen in 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 Zoll Tiefe gelegt, entwickelte sich von 1 bis 3 und 4 immer kräftiger, je tiefer er lag, von 3 und 4 bis 7 Zoll dagegen immer kümmerlicher. Bei 7 Zoll blieben die Pflanzen ohne Aehren, bei 8 Zoll keimten sie gar nicht mehr.

Absorption von Feuchtigkeit.

Die Feuchtigkeit muß bekanntlich ebenfalls vorhanden sein, wenn die Samenkörner zum Keimen gelangen sollen. Die Menge der hierzu erforderlichen Feuchtigkeit ist sehr verschieden bei den verschiedenen Pflanzen und kann vielleicht einigermaßen nach der Menge an Wasser beurtheilt werden, welche die Körner bei ihrem Einweichen in Wasser während einer bestimmten Zeit absorbiren. Diese betrug, ebenfalls nach Schleiden's Mittheilungen, innerhalb 24 Stunden an Gewichtsprocenten der lufttrocknen Körner, bei Weizen 25, bei Hafer 31, bei Roggen 37, bei Raps 46, bei Pferdebohnen 58, bei Wicken 78, bei blauen Erbsen 85, bei dem rothen Kopfklee 124 und bei dem Leindotter 276 Proc.

Erwachen der Lebensthätigkeit.

Die ersten Keime der jungen Pflanze finden ihre Nahrung in dem Samen selbst und erst mit dem Entfalten der Blätter, mit der Ausbildung der feinen faserigen Saugwurzel treten die in der Luft und in dem Erdboden enthaltenen eigenthümlichen Nahrungsstoffe in die Pflanze ein und nehmen thätigen Antheil an der Gestaltung und Erzeugung der vegetabilisch-organischen Masse. Verfolgen wir das Leben der Pflanze von seinem ersten Erwachen an, so sehen wir zunächst das Samenkorn aufquellen, sein Volumen bedeutend vergrößern, indem die Feuchtigkeit von Außen her seine ganze Masse durchdringt. Zugleich mit der Feuchtigkeit tritt die in demselben aufgelöste atmosphärische Luft und also auch deren wichtigster Bestandtheil, der Sauerstoff, mit der Substanz des Samens in Wechselwirkung. Die erste Thätigkeit, die in dem Samen statthat, ist eine rein chemische; der atmosphärische Sauerstoff, unterstützt durch das Auflösungsbestreben des Wassers, wirkt zunächst auf die stickstoffhaltigen, als die am leichtesten der Zersetzung unterworfenen Bestandtheile, nämlich auf den sogenannten Kleber, ein; dieser wird,

Bildung der Diastase.

unter Aufnahme von Sauerstoff in eine in Wasser auflösliche Substanz übergeführt, welche den Namen der Diastase erhalten hat, zuerst um den Keim des Samens erzeugt wird und von hier aus nach und nach das ganze Samenkorn durchdringt. Diese neu entstandene Substanz,

die Diastase, hat, gleichfalls unter Mitwirkung des Wassers, die Fähigkeit, den stickstofffreien im Samenkorne befindlichen Stoff durch seine alleinige Berührung in einen anderen Körper umzuwandeln; aus der in Wasser unlöslichen Stärke wird nämlich auflöslicher Zucker. Gleichzeitig mit der Bildung der Diastase und demnächst des Zuckers beginnt auch die Entwicklung des Keimes und es treten mannichfache äußere Verhältnisse hinzu, welche zu der Bildung neuer, dem Pflanzenreiche eigenthümlich angehörender Stoffe Veranlassung geben. Es erzeugen sich die ersten Zellen, indem die Stärke oder der Zucker eine neue Umwandlung, in Holzfaser, erleidet, welche die Wände der Pflanzenzellen bildet, eine Substanz, deren chemische Zusammensetzung derjenigen der Stärke und des Zuckers sehr ähnlich ist; indem nun weiter Zelle an Zelle sich legt, entfalten die Keime sich immer mehr, bis die junge Pflanze sich so weit ausgebildet hat, daß sie als ein selbstständiges Individuum auftritt und von Außen her Nahrungsstoffe in in sich aufzunehmen und zu verarbeiten anfängt. Von dem ersten Anfange der Entwicklung des Keimes an, mit dem Eintreten der ersten chemischen Veränderung der Bestandtheile des Samens, bemerkt man die Entweichung einer Luftart, nämlich des Kohlensäuregases, während zugleich, wie bei jedem chemischen Prozesse, die Temperatur der nächsten Umgebung erhöht, also Wärme frei wird. Der während des Keimens stattfindende chemische Prozeß besteht jedoch keineswegs in einer einfachen Orydation des Kohlenstoffes der Stärke oder des Zuckers, denn das Product dieser Einwirkung, nämlich die Holzfaser, enthält den Procenten nach mehr Kohlenstoff als jene Körper, aus welchen sie gebildet wurde; woraus nothwendig hervorgeht, daß aus der Stärke außer einem Theile des Kohlenstoffes zu gleicher Zeit auch eine bestimmte Quantität ihrer beiden anderen Bestandtheile, nämlich des Wasserstoffes und des Sauerstoffes, und zwar in der Form von Wasser, aus dem Samenkorn austritt, wie aus der sogleich mitzutheilenden Zusammensetzung jener Stoffe deutlich sich ergiebt. Ohne Zweifel wirkt hier der atmosphärische Sauerstoff zunächst auf den Wasserstoff der Stärke ein, als auf einen Körper, mit welchem sich zu vereinigen und Wasser zu bilden der Sauerstoff ein besonders großes Bestreben hat, während in Folge dieser Wasserausscheidung der Kohlenstoff und Sauerstoff der zersetzten Stärke ebenfalls in einen freieren Zustand übergeführt werden und die Fähigkeit erlangen, zu einer neuen Verbindung, der Kohlensäure, zusammenzutreten.

Umwandlung der Stärke in Zucker.

Bildung der Holzfaser.

Entwicklung von Kohlensäure.

Austritt der Bestandtheile des Wassers.

Größe des Gewichtsverlustes.

Es ist bekannt, daß bei der Darstellung des Malzes, also während des Keimens der Gerste, ein Verlust an fester Substanz stattfindet, indem das Gewicht der gekeimten Gerste niedriger ist, als das der ungekeimten, wenn beide auf den wasserfreien Zustand zurückgeführt sind. Dieser Gewichtsverlust steht zu der Entweichung von Kohlensäure aus dem Samenkorne und mit der gleichzeitigen Ausscheidung von Wasserstoff und Sauerstoff in der Form von Wasser in directer Beziehung. Die Größe dieses Gewichtsverlustes ist nach der Art des Samens und nach dem mehr oder weniger vorgeschrittenen Verlaufe des Keimungsprozesses verschieden. Boussingault fand, daß die Erbsen während 26 Tagen an wasserfreier fester Substanz bis 52 Proc. dem Gewichte nach verloren hatten, der Weizen während 51 Tagen sogar 57 Proc. Schleiden fand ebenfalls, daß das Gewicht der jungen Keimpflanzen im lufttrocknen Zustande bedeutend geringer war, als das der ungekeimten Samenkörner selbst. Dieser Verlust betrug nämlich im Januar bei dem Keimen von Pferdebohnen, nach 16 Tagen 29 Proc., bei den Erbsen in 18 Tagen 24 Proc., bei dem Weizen in 18 Tagen 23 Proc., bei dem Roggen in 12 Tagen 15 Proc., bei der Gerste im August nach 7 Tagen schon 68 Proc., bei den Wicken im Mai nach 18 Tagen 17 Proc.

Menge des absorbirten Sauerstoffes.

Die Menge des Sauerstoffgases, welche die Samenkörner während des Keimens absorbiren oder die Menge der Kohlensäure, welche sie entwickeln, ist nach Saussure's Untersuchungen verschieden, nach dem Gewichte sowohl als nach der Art der Samenkörner. Die Quantität des verzehrten Sauerstoffgases betrug bei türkischen und Bufbohnen und dem Lattich ungefähr $\frac{1}{100}$ ihres Gewichtes; bei Weizen, Gerste und Portulak dagegen nur $\frac{1}{1000}$ bis $\frac{1}{2000}$ ihres Gewichtes. Die Sauerstoffmenge, welche die nämlichen Samen zum Keimen brauchen, ist, bei übrigens durchaus gleichen Umständen, ihrem Gewichte und nicht ihrer Zahl proportional; 4 große Bufbohnen verbrauchten während des Keimens ebenso viel Sauerstoffgas als 23 kleine Bufbohnen, welche zusammen ein gleiches Gewicht mit jenen 4 größeren hatten. Ein großes Samenkorn erfordert daher mehr Sauerstoffgas, als ein kleineres derselben Gattung: letzteres kann in einer größeren Tiefe der Erde keimen, als jenes. Wenn die Erfahrung lehrt, daß sich große Samen in einer Tiefe entwickeln, in der kleine Körner umkommen, so liegt der Grund hiervon nicht darin, daß die letzteren nicht keimen, sondern darin, daß ihre weit schwächeren Blattfederchen die sie bedeckende Erde nicht in die Höhe heben können.

Saussure nahm an, daß während des Keimens aus dem Samenkorne nur Kohlenstoff und die Bestandtheile des Wassers austreten und hierdurch der beobachtete Gewichtsverlust in den Samenkörnern zu erklären sei. Es ist jedoch sehr unwahrscheinlich, daß der Prozeß ein so einfacher sei. Wenn auch beim ersten Beginn des Keimens diese einfache Wechselwirkung zwischen der atmosphärischen Luft und den Bestandtheilen des Samenkornes stattfindet, so muß doch nothwendig im weiteren Verlaufe des Keimprozesses eine complicirtere chemische Thätigkeit die Umbildung der Stoffe bewirken und zwar um so mehr, je weiter die Würzelchen und das Blattfederchen sich entwickeln und diese nun ebenfalls aus dem Erdboden oder der umgebenden Luft Nahrungsstoffe aufnehmen und verarbeiten. Becquerel wies nach, daß während des Keimens eine organische Säure sich bilde, welche er für Essigsäure hielt, nach Anderen dagegen Milchsäure ist. Auch fand Saussure selbst später, daß bei dem Keimen im abgeschlossenen Raume gewisse Samen das Luftvolumen verminderten, andere dagegen merklich vergrößerten, welches nicht der Fall sein könnte, wenn genau eine der absorbirten Sauerstoffmenge entsprechende Quantität Kohlensäuregas der Luft zurückgegeben würde. Man muß also annehmen, daß in manchen Fällen das Volumen der gebildeten Kohlensäure größer, in anderen kleiner ist, als das des verbrauchten Sauerstoffes. Boussingault endlich zeigte durch die Elementaranalyse der ungekeimten und der gekeimten Samenkörner, daß aus den Bestandtheilen des Samens während des Keimens Wasserstoff und Sauerstoff in der Form von Wasser ausgetreten seien, und daß ferner außerdem noch so viel Sauerstoff verschwunden sei, daß der gleichfalls ausgeschiedene Kohlenstoff mit demselben Kohlenoxydgas hätte bilden können. Das Keimen des Kleesamens (die Würzelchen erreichten eine Länge von 1/2 bis 1 Centimeter) gab z. B. folgende Resultate:

Weitere Producte des Keimprozesses.

Milchsäure.

Veränderung des gekeimten Kleesamens.

	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.
Vor dem Keimen enthielten 2,405 Grm. Samen an:	1,222	0,144	0,866	0,173
Nach dem Keimen 2,241 Grm. Samen an:	1,154	0,141	0,767	0,179
Der Unterschied betrug also:	— 0,068	— 0,003	— 0,099	+ 0,006

Der ganze Verlust bei dem Keimen betrug also 0,164 Grm., worin der Sauerstoff nicht allein in Verbindung mit Wasserstoff als Wasser, sondern großentheils in Verbindung mit Kohlenstoff als Kohlenoxyd zu

berechnen ist, denn es erfordern 0,068 Kohlenstoff 0,089 Sauerstoff, welche 0,157 Kohlenoxyd bilden. Die 0,003 Wasserstoff erfordern 0,024 Sauerstoff, um Wasser zu bilden; es müßten also, wenn die Ausscheidung sämmtlicher Bestandtheile ganz einfach in der Form von Kohlenoxyd und Wasser stattgefunden hätte, an Sauerstoff 0,113 Grm. ausgetreten sein, während die Analyse nur 0,099 Grm. nachgewiesen hat. Hieraus geht abermals hervor, daß die Ausscheidungen, welche während des Keimens stattfinden, selbst in der ersten Periode desselben, welche in diesem Versuche beobachtet wurde, sich nicht auf einfache Verhältnisse zurückführen lassen. Wäre dieser Versuch mit Kleesamen während der ersten Periode des Keimens in einem verschlossenen Gefäße vorgenommen worden, so würde sich, unter der oben gemachten Voraussetzung, das Volumen der Luft vermehrt haben, indem 1 Volumen Kohlenoxydgas, welches aus dem Samen sich ausscheidet, + $\frac{1}{2}$ Volumen Sauerstoffgas = 1 Volumen Kohlensäure ist.

Des Weizens. Einen ähnlichen Versuch stellte Boussingault mit dem Weizen an, indem auch hier der Keimprozeß sogleich nach dem Hervortreten der Würzelchen aufgehoben wurde. Die Analyse ergab:

		Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.
Vor dem Keimen:	2,439 Grm.	— 1,137	0,141	1,077	0,084
Nach dem Keimen:	2,365 „	— 1,111	0,140	1,026	0,088
Unterschied:	— 0,074 Grm.	— 0,025	— 0,001	— 0,051	+ 0,004

Nun geben wieder 0,025 Grm. Kohlenstoff mit 0,033 Grm. Sauerstoff 0,058 Grm. Kohlenoxydgas; es bleiben dann noch 0,018 Sauerstoff übrig. 0,001 Wasserstoff erfordern, um Wasser zu bilden, 0,008 Sauerstoff; folglich ist hier nach Abzug des zur Bildung von Kohlenoxydgas und Wasser verwendeten Sauerstoffes noch ein Ueberschuß von 0,010, während bei dem Versuche mit Kleesamen im Gegentheil zu wenig Sauerstoff vorhanden war.

Der Erbsen. Wurde ferner die Periode des Keimens künstlich verlängert, so erfolgte fortwährend ein Gewichtsverlust, aber die einzelnen Bestandtheile in ihrer Ausscheidung ließen sich dann noch weniger als Kohlenoxyd und Wasser berechnen. Erbsen wurden in ein dunkles Zimmer gelegt, in dem die Temperatur stets zwischen 12° und 17° war; der Versuch dauerte vom 5. Mai bis zum 1. Juli, also 56 Tage. Die Analyse ergab:

		Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.
Vor dem Keimen:	2,237 Grm.	— 1,040	0,137	0,897	0,094
Nach dem Keimen:	1,075 „	— 0,472	0,065	0,397	0,072
Unterschied:	— 1,162 Grm.	— 0,566	— 0,072	— 0,500	— 0,022

Bis zu dieser letzten Gränze des Keimungsprozesses hatten die Erbsen einen Verlust von ungefähr 52 Proc. erlitten, welcher sich auf jeden einzelnen Bestandtheil erstreckt und sich als Wasser, Ammoniak und reine Kohle herausstellt. Denn die Rechnung ergiebt, daß gehören:
zu 0,500 Sauerstoff 0,063 Wasserstoff, um Wasser zu bilden;
zu 0,022 Stickstoff 0,005 Wasserstoff, um Ammoniak zu bilden;
im Ganzen also 0,068 Wasserstoff; dieses berechnete Quantum stimmt mit dem in der Analyse gefundenen bis auf 4 Milligr. überein.

Weizenkörner wurden am 5. Mai in's Dunkle gestellt und der Versuch am 25. Juni, also nach 51 Tagen vollendet.

		Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.
Vor dem Keimen:	1,665 Grm.	0,757	0,095	0,718	0,057
Nach dem Keimen:	0,713 „	0,289	0,043	0,286	
Unterschied:	— 0,952 Grm.	— 0,468	— 0,052	— 0,432	

Bei dem 51 Tage lang fortgesetzten Keimen hatte der Weizen 57 Proc. verloren; der Verlust läßt sich genau als Wasser und Kohlenstoff ausdrücken. Der Stickstoff wurde in den gekeimten Körnern nicht bestimmt, wahrscheinlich hat auch hier ein geringer Verlust stattgefunden.

Diese zuletzt angeführten Versuche können natürlich uns keine Aufklärung über den wirklichen Fortgang des Keimprozesses unter normalen Verhältnissen liefern; dagegen würden die Analysen der Samenkörner in den verschiedenen Perioden des Keimens ohne Ausschluß des Lichtes, interessante Aufschlüsse geben über die Regelmäßigkeit oder Unregelmäßigkeit des Verlaufes des ganzen Keimprozesses. Schleiden theilt eine Analyse von jungen Wickenpflanzen mit, nach welcher gegen das Ende der Periode des Keimens schon sehr beträchtliche Mengen unorganischer Stoffe aus dem Boden aufgenommen werden. Nach 18tägiger Keimung erhielt er bei dem Vergleich der reifen Samen der Wicke mit den jungen Pflanzen im völlig trockenen Zustande folgende Verhältnisse: Der Wicken.

Es enthalten:	Organ. Subftz.	Unorg. Subftz.	Summe.
1000 reife Samenkörner	44,40	1,58	45,98
1000 junge Pflanzen	32,60	2,33	34,93

Der Verlust an organischer Substanz beträgt also 25 Proc., die Zunahme an unorganischer Substanz dagegen 47 Proc. Der Verlust an organischer Substanz beträgt für den Kohlenstoff 30 Proc., für den Wasserstoff 32, für den Stickstoff 6 Proc. und für den Sauerstoff 37 Proc. Berechnet man den ganzen Verlust an Kohlenstoff als der Stärke angehörig, so bleibt noch ein Rest von verlorenem Wasserstoff, der von zersetzter Stärke nicht gedeckt wird. Hieraus und aus dem entschiedenen Verluste an Stickstoff, läßt sich mit Sicherheit schließen, daß beim Keimen auch ein Theil der stickstoffhaltigen Substanz zersetzt wird. Uebrigens lassen sich die Quantitäten der beim Keimen ausgeschiedenen Elementarstoffe durch keine Rechnung auf die Zusammensetzung der bekannten Pflanzenstoffe zurückführen, z. B. auf Stärke und Eiweißstoff, oder auf Stärke und Käsestoff (Legumin), selbst dann nicht, wenn man noch ein fettes Oel und selbst eine Säure mit in Rechnung zieht, woraus hervorgeht, daß überall der Zersetzungsprozeß beim Keimen keineswegs so einfach ist, als man sich denselben gewöhnlich vorstellt (Schleiden).

Zusammensetzung der Stärke und des Klebers.

Die Samen vieler der gewöhnlichen ökonomischen Pflanzen bestehen bei weitem zum größten Theile aus zwei eigenthümlichen organischen Stoffen, die unter dem Namen von Stärke und Kleber bekannt sind und von denen die erstere stickstofffrei, der letztere aber stickstoffhaltig ist. Die procentische Zusammensetzung ist die folgende:

	Stärke	Kleber
Kohlenstoff	44,91	55,7
Wasserstoff	6,11	7,8
Sauerstoff	48,98	22,0
Stickstoff	—	14,5
	100,00	100,0

Aus der Stärke wird während des Keimprozesses Zucker und Holzfaser; ein Theil des Klebers giebt zu der Bildung von Diastase Veranlassung:

Des Zuckers und der Holzfaser.

	Stärkezucker	Holzfaser
Kohlenstoff	40,00	50,00
Wasserstoff	6,66	5,56
Sauerstoff	53,34	44,44
	100,00	100,00

Die Diastase ist noch nicht hinlänglich rein dargestellt worden, und deren Elementar-Zusammensetzung deshalb noch nicht mit Genauigkeit bekannt; dieselbe ist jedoch jedenfalls derjenigen des Klebers sehr ähnlich. In den angeführten stickstofffreien Substanzen, welche bei weitem den Hauptbestandtheil aller Pflanzen und aller Pflanzentheile ausmachen, ist das Verhältniß des Sauerstoffes zum Wasserstoffe gerade dasselbe, wie im Wasser, und jene Stoffe können daher betrachtet werden als bestehend aus Kohle und Wasser und zwar in folgender Weise:

Stärke	= 44,91	Kohlenstoff	+ 55,09	Wasser
Stärkezucker	= 44,91	"	+ 67,28	"
Holzfaser	= 44,91	"	+ 44,86	"

Bei gleichem Kohlenstoffgehalt enthält also die Stärke weniger Wasser als der Stärkezucker, mehr Wasser als die Holzfaser, während bei gleichem Wassergehalte dieses Verhältniß hinsichtlich des Kohlenstoffes das umgekehrte ist.

Aehnlichkeit des Keimprozesses mit dem Gährungsprozesse.

Bei dem Keimen des Samenkornes entweicht Kohlensäure und es scheidet sich Wasser aus, also ganz dieselben Producte erzeugen sich hier, wie sie bei den Prozessen der Gährung, Fäulniß und Verwesung auftreten, mit welchen der Keimprozeß manches Analoge darbietet, nur daß hier die eigenthümliche Organisation des Samens den neu gebildeten Stoffen eine andere Form giebt. Selbst wenn durch erhöhte Temperatur, ein Uebermaß von Feuchtigkeit und eine mechanische Zerkleinerung jene Organisation gestört ist, so ist noch nicht gänzlich die Lebensthätigkeit verschwunden, wie die Erscheinungen des Gährungsprozesses andeuten. Hier nämlich scheiden sich aus dem Malzextracte die stickstoffhaltigen Substanzen nebst einem kleinen Theile der in Zucker umgewandelten Stärke als Hefe aus, welche unter dem Mikroskop betrachtet, sich deutlich als ein bestimmter Organismus, als ein aus lauter neben einander liegenden Zellen bestehendes Gewächs kund giebt, durch die chemische Analyse aber in die zwei wichtigsten Bestandtheile aller Pflanzen zerlegt werden kann, in Holzfaser nämlich, welche die dünnen Wände der Hefenzellen bildet, und in eine mit dem stickstoffhaltigen vegetabilischen Eiweiß völlig übereinstimmende Substanz, welche in dem wässerigen Inhalte jener Zellen sich aufgelöst vorfindet. Die Zellen, welche die ersten Keime der jungen Pflanze zusammensetzen, können auch gleichsam als solche Hefenzellen betrachtet werden, welche

nach bestimmten Gesetzen sich aneinander legen, allmälig die Form von Wurzeln und Blättern annehmen, und deren Inhalt nunmehr nicht, wie bei der Gährung, die Zerlegung des aus der Stärke sich bildenden Zuckers in Kohlensäure und Alkohol veranlaßt, sondern, während ein Theil des Zuckers in Kohlensäure und Wasser zersetzt wird, den anderen Theil in Holzfaser, in das Material umwandelt, aus welchem immer neue Pflanzenzellen sich erzeugen.

Beschleunigung des Keimprozesses. Der Keimprozeß kann wesentlich unterstützt und beschleunigt werden, ja in alten verlegenen Samenkörnern die erloschene Keimfähigkeit auf's Neue erweckt werden, wenn man die hier angedeutete chemische Thätigkeit, welche in dem keimenden Samen die Umwandlung der Stoffe bewirkt, durch äußere Mittel, durch gewisse chemische Reagentien anregt. Ich habe angeführt, daß während des Keimens der Samen Kohlensäuregas sich entwickelt, und diese Entwicklung durch die directe oder indirecte Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes veranlaßt wird. Wenn man daher dem Sauerstoffe entweder einen leichteren Zugang verschafft oder ihn gleichsam in concentrirterer Form mit den keimenden Samen in Berührung bringt, so verursacht man dadurch ein energischeres Auftreten der statthabenden chemischen Thätigkeit und damit eine Beschleunigung des Keimprozesses selbst. (Durch Kalk.) Das Beizen des Samens mit gelöschtem Kalke hat zur Folge, daß die unter dem Einfluß des Sauerstoffes entweichende Kohlensäure von dem Kalke absorbirt in einen festen gebundenen Zustand übergeführt wird, und so dadurch, daß dieselbe schnell aus der nächsten Umgebung des Samenkornes verschwindet, den Zutritt von neuem atmosphärischen Sauerstoff wesentlich erleichtert. Das Mittel des Kalkes bewirkt also z. B. beim Weizen ein schnelleres, gleichmäßigeres Aufgehen der ganzen Saat, eine Kräftigung der jungen Pflanze und in Folge dessen eine geringere Neigung derselben in den krankhaften Zustand des Brandes zu verfallen. Noch ungleich schneller entwickeln sich die Keime, wenn man den in der Atmosphäre durch die Beimengung des Stickstoffgases im sehr verdünntem Zustande befindlichen Sauerstoff für sich allein rein und unvermischt dem Samen darbietet, entweder dadurch, daß man Wasser mit reinem Sauerstoffgase schwängert und dieses über die Saat ausgießt oder noch mehr indem man chlorhaltiges Wasser (Bleichwasser) auf die Samen einwirken läßt. (Durch Chlor.) Das Chlor nämlich hat die Fähigkeit, unter dem Einflusse des Sonnenlichtes das Wasser zu zersetzen, mit dem einen Bestandtheile desselben, dem Wasserstoff, zu Salzsäure sich zu

verbinden, und dadurch die Entwicklung des anderen Bestandtheiles, des Sauerstoffes, zu veranlassen, welcher jetzt im Augenblicke seiner Freiwerdung im völlig reinen und sehr concentrirten Zustande die nöthige Umwandlung der Stoffe in weit kürzerer Zeit bewirkt, als dieses unter den gewöhnlichen Umständen der Fall ist. So hat man in wenigen Stunden Keime sich entwickeln sehen, zu deren Bildung sonst fast eben so viele Tage erforderlich waren, und aus alten vieljährigen Samen mit Hülfe des angeführten Mittels noch kräftige Pflanzen gezogen, aus Samen, welche auf andere Weise durchaus nicht mehr zum Keimen zu bringen waren. Jedoch hat man diese Einwirkung nicht bei den Samen aller Pflanzen gleich kräftig auftreten sehen; die vorzüglichsten Erfolge wurden bei Samenkörnern beobachtet, welche, wie der Senf und der Meerrettig, einen scharfen, bittern Stoff enthalten, während die sehr stärkehaltigen Samen, wie die Erbsen und die Bohnen, sich mehr indifferent gegen das Chlor verhielten und die entschiedenen Oelfrüchte sogar einen nachtheiligen Einfluß verspürten, wahrscheinlich wohl, weil das in ihnen enthaltene Oel durch den Zutritt von zu sehr concentrirtem Sauerstoffe eine Verdickung erleidet und dadurch die leichtere Fortbewegung der neugebildeten Stoffe verhindert.

b) Erscheinungen und Prozesse während des Wachsthums der Pflanze.

Die organische Masse aller Pflanzengebilde besteht einzig und allein aus den 4 einfachen, weiter nicht zerlegbaren, Körpern des Kohlenstoffes, Sauerstoffes, Wasserstoffes und Stickstoffes. Die Nahrungsmittel, welche die angeführten 4 Elemente enthalten und allenthalben in der Natur, wo Licht und Wärme der Entwicklung einer Vegetation günstig sind, der Pflanze sich darbieten, sind einzig und allein die drei chemischen Verbindungen von je zwei jener einfachen Körper, welche wir unter dem Namen von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak kennen. Der Humus oder die Humussäure ist kein directes Nahrungsmittel der Pflanze, liefert der Pflanze nur Nahrung, indem er fortwährend zersetzt und zuletzt in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, die drei einzigen wahren Ernährer des ganzen Gewächsreiches, völlig aufgelöst wird. Wir wollen hier die Art und Weise, wie die angeführten Nahrungsstoffe zur Vermehrung der vegetabilischen Masse beitragen, bei jedem einzeln betrachten, obgleich in der Natur selbst keiner der im Folgenden zu erwähnenden Prozesse für sich allein auftritt, sondern die

Entwicklung der Pflanze eben die Folge ist der Zusammenwirkung aller Bedingungen des Pflanzenlebens, die gleichzeitig vorhanden sind und in ihrer Wirksamkeit sich gegenseitig unterstützen.

1. Zersetzung der Kohlensäure in der lebenden Pflanze.

Die Kohlensäure dringt als Bestandtheil der atmosphärischen Luft durch die Blätter und den Stengel in die Pflanze ein, sie ist in dem Wasser aufgelöst, welches als Regen oder Thau auf die Gewächse niederfällt, sie ist allenthalben in der aufgelockerten Ackerkrume zugegen, sie entwickelt sich fortwährend in derselben bei der Verwesung ihrer organischen Bestandtheile und wird mit der Feuchtigkeit von den Wurzeln aufgenommen und in alle Theile der Pflanze übergeführt. Die Kohlensäure erleidet eine Zersetzung in der lebenden Pflanze, eine Zersetzung, welche nicht durch gewöhnliche chemische Prozesse ihre Erklärung findet, sondern unter dem Einflusse der Lebensthätigkeit erfolgt, deren Aeußerungen bedingt sind durch eine eigenthümliche Gestaltung der verschiedenen Organe der Pflanze, und durch die Gegenwart von Licht und Wärme. Das Licht ist der eigentliche Erwecker und Unterhalter der Lebensthätigkeit, in der Dunkelheit ewiger Nacht kann keine Pflanze zu ihrer völligen Ausbildung gelangen; bei der Erniedrigung der Temperatur bis zum Gefrierpunkte hört gleichfalls natürlich das Pflanzenleben auf, weil mit dem Erstarren des Pflanzensaftes auch seine Umwandlung gehindert wird und wegen der Ausdehnung, die bei seinem Gefrieren stattfindet, in zarten grünen Pflanzen oder deren Trieben die Gewebe mechanisch zerstört und zerrissen werden. Ein höherer Grad der Wärme aber unterstützt die Lebensthätigkeit, weil die Beweglichkeit der Säfte bei höherer Temperatur beschleunigt und die Thätigkeit der stattfindenden chemischen Prozesse befördert wird.

Ursachen der Zersetzung.

Die Kohlensäure ist eine innige chemische Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff; sie wird in der Pflanze, wie wir hier vorläufig der klareren Uebersicht wegen annehmen können, auf die Weise zerlegt, daß der Kohlenstoff von der Pflanze zurückgehalten, mit den schon vorhandenen oder gleichzeitig aufgenommenen übrigen Bestandtheilen zu neuen organischen Gebilden verarbeitet wird, während der von dem Kohlenstoff getrennte Sauerstoff gasförmig entweicht, in die Atmosphäre hinaustritt und also den Gehalt derselben an diesem Bestandtheile vermehrt, während die Menge der Kohlensäure in Folge dieses Prozesses stets ab-

nimmt und aus anderen, oben angedeuteten Quellen wieder ersetzt werden muß. Die Zersetzung der Kohlensäure ist an die Gegenwart des Tageslichtes gebunden und findet um so schneller statt, je directer und je länger die Sonnenstrahlen auf die Pflanze einwirken. Je länger die Tage sind, um so schneller geht das Wachsthum der Pflanzen von statten; aus diesem Grunde durchläuft das Pflanzenleben im hohen Norden unter dem fast fortwährenden Einfluß des Sonnenlichtes, der langen Tage, in 6 Wochen dieselben Perioden, welche in den südeuropäischen Ländern, wie in Italien, erst in 5—6 Monaten vollendet werden, weil hier der Unterschied des Tages und der Nacht während des ganzen Jahres sich ziemlich gleichbleibt und die Länge des Tages im Sommer die der Nacht nur wenig übertrifft. — Die Ausscheidung des Sauerstoffes bemerkt man nur an den grünen Theilen der Pflanze, in den Blättern vorzugsweise, aber auch in den grünen Stengeln und in den Früchten, so lange diese ihre grüne Farbe noch behalten, also in ihrem unreifen Zustande. Die Blüthen, die Wurzeln und die der Reife sich nähernden Früchte besitzen jene Fähigkeit nicht; sie absorbiren im Gegentheil in der Regel Sauerstoff aus der umgebenden Atmosphäre und scheinen diesen in Kohlensäure umzuändern, deren Kohlenstoff den Bestandtheilen jener Pflanzentheile entzogen wird, ein Prozeß, der vorzugsweise als den reifenden Früchten eigenthümlich beobachtet wird. Jedoch ist jene grüne Farbe der Pflanzentheile, welche sie einem harzartigen grüngefärbten Stoffe, dem sogenannten Chlorophyll, verdanken, nicht allein hinreichend, die Zersetzung der Kohlensäure unter dem Einfluß des Sonnenlichtes zu bewirken und vielleicht selbst bei dieser Zersetzung ganz unwesentlich; es ist die letztere nämlich offenbar vorzugsweise an die eigenthümliche Organisation jener Pflanzentheile gebunden, denn dieser Zersetzungsprozeß hört sofort auf, wenn man die Blätter mechanisch zerreibt und zerstößt, und dann mit kohlensäurehaltigem Wasser befeuchtet dem Sonnenlichte aussetzt; in diesem Fall tritt dann die gewöhnliche chemische Einwirkung von Materie auf Materie ein, und es bildet sich Kohlensäure aus dem Kohlenstoffe der mechanisch zerstörten organischen Substanz und dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft.

Die Zersetzung der Kohlensäure oder vielmehr die Ausscheidung des Sauerstoffgases durch die Pflanze unter dem Einfluß des Tageslichtes ist von de Saussure und Andern durch zahlreiche directe Versuche bestätigt und zur völligen Gewißheit erhoben worden, durch Versuche, welche diese Zersetzung sowohl in einem künstlichen Gemenge von atmo- Directe Versuche über Sauerstoffentwicklung.

phärischer Luft mit größeren Mengen von Kohlensäuregas nachwiesen, als auch in der gewöhnlichen Atmosphäre bestätigten, in welcher bekanntlich im Mittel nur 4 Zehntausendtheile Kohlensäuregas zugegen sind; in beiden Fällen verschwand nach und nach die Kohlensäure aus den Bestandtheilen der Atmosphäre und an ihre Stelle trat eine entsprechende Menge von Sauerstoffgas. Saussure ließ 7 Pflanzen von Sinngrün (Vinca minor) in einem Gemenge von atmosphärischer Luft mit 7,5 Prc. Kohlensäuregas 6 Tage lang vegetiren; jeden Tag war der Apparat von 5 bis 11 Uhr der directen Einwirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt, die Wurzeln tauchten in Wasser. Die Analyse der Luft ergab:

		Stickstoff.	Sauerstoff.	Kohlensäure.	
Vor dem Versuche	= 5746 an	4199	1116	431	Cub. Cent.
Nach dem Versuche	= 5746 an	4338	1408	0	„ „
Unterschied	0	+ 139	+ 292	— 431	

Durch die Einwirkung der Pflanzen waren also 431 Cubik-Centimeter Kohlensäuregas verschwunden, dagegen 292 C. C. Sauerstoff hinzugekommen. Wäre nun der ganze Sauerstoff der aufgenommenen Kohlensäure frei geworden, so müßte das Volumen desselben dem der Kohlensäure gleich gewesen sein, also 431 C. C. betragen haben; da aber nur 292 C. C. wirklich ausgeschieden wurden, so muß man daraus, mit Boussingault, schließen, daß die fehlenden 139 C. C. von den Pflanzen zu ihrer Organisation mit verwendet wurden. Andere Versuche gaben ganz ähnliche Resultate: zwei Pflanzen der Wassermünze (Mentha aquatica) hatten sich in 10 Tagen um 1 Decimeter verlängert, 309 C. C. Kohlensäuregas absorbirt und dafür 224 C. C. Sauerstoffgas und 86 C. C. Stickstoffgas (zusammen also 310 C. C.) ausgehaucht. Eine Weiderichpflanze (Lythrum salicaria) zersetzte 149 C. C. Kohlensäuregas in 7 Tagen und gab dafür 121 C. C. Sauerstoff und 21 C. C. Stickstoff (zusammen 142 C. C.) der Atmosphäre zurück. Eine junge Kiefer (Pinus genevensis) absorbirte in 18 Tagen 306 C. C. Kohlensäure und lieferte dafür 246 C. C. Sauerstoff und 20 C. C. Stickstoff (zusammen 266 C. C.); eine Cactuspflanze (Cactus Opuntia) dagegen absorbirte in 8 Tagen 184 C. C. Kohlensäure und entwickelte 126 C. C. Sauerstoffgas und 57 C. C. Stickstoffgas (zusammen 183 C. C.). Ueberall in diesen Versuchen sieht man, daß an die Stelle des von der Pflanze zurückgehaltenen Sauerstoffgases eine dessen Volumen genau oder doch beinahe

Ausscheidung von Stickstoffgas.

entsprechende Quantität Stickstoffgas der Atmosphäre zurückgegeben wurde. Man kann, nach Boussingault, mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß dieser Ueberschuß an Stickstoff von der Luft herrührt, welche in den Zwischenräumen der Pflanzen oder auch in dem Wasser enthalten war, mit welchem die Wurzeln in Berührung standen. Wenigstens würde man nicht gut eine andere Entstehungsart für denselben nachweisen können; so würde z. B. die Annahme, daß er aus den stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Pflanze frei geworden sei, ganz unrichtig sein. Dies erhellt aus der folgenden Betrachtung. Saussure giebt das Gewicht der zum obigen Versuche verwendeten getrockneten Sinngrünpflanzen zu 2,7 Grm. an; zahlreiche Untersuchungen machen es höchst wahrscheinlich, daß die Sinngrünpflanze im getrockneten Zustande auf keinen Fall mehr als 2,5 Prc. Stickstoff enthält; es würden also in 2,7 Grm. Pflanzensubstanz etwa 0,0675 Grm. Stickstoff gebunden sein, welche nach dem Volumen berechnet ungefähr 53 C. C. ausmachen würden. Bei dem ersten Versuch war aber der entwickelte Stickstoff = 139 C. C., also bei weitem größer, als er sein könnte, wenn auch die ganze Quantität des in der Pflanze enthaltenen Stickstoffes die Gasform angenommen hätte. Hierzu kommt noch, daß der Gesundheitszustand der Pflanzen am Ende des Versuches die Annahme nicht zuließ, daß eine Zersetzung sämmtlicher in den Pflanzen vorhandener stickstoffhaltiger Substanzen erfolgt sei. Es ergiebt sich also aus der vorhergehenden Betrachtung, daß der von der Pflanze ausgeschiedene Stickstoff durch Sauerstoff ersetzt worden ist und man könnte daher vermuthen, daß der entwickelte Sauerstoff dem Volumen nach der zersetzten Kohlensäure entspricht. Indessen ist doch höchst wahrscheinlich, daß allerdings ein größerer oder geringerer Theil Sauerstoff aus der Kohlensäure zurückgehalten wird und an der Stoffbildung in der Pflanze Antheil nimmt, weil doch in den obigen Versuchen sehr bald gleichsam ein Gleichgewicht zwischen der äußeren Atmosphäre und dem Innern der Pflanze hätte eintreten müssen, in der Art, daß nach dieser Zeit dann die Menge des ausgeschiedenen Sauerstoffgases genau dem Volumen des absorbirten Kohlensäuregases hätte entsprechen müssen, wie es doch keineswegs der Fall war. Auch ist es klar, daß die Menge des zurückgehaltenen Sauerstoffgases viel zu groß ist, als daß man hier an eine mechanische Absorption und Auflösung in dem Pflanzensafte denken könnte; das Volumen der 7 Sinngrünpflanzen, welche zu dem zuerst angeführten Versuche verwendet wurden, betrug nur 10 C. C., während

Ursache derselben.

die Menge des aus der Kohlensäure durch eben dieselben Pflanzen zurückgehaltenen Sauerstoffes ein Volumen von 139 C. C. repräsentirte, also 14 Mal mehr betrug.

Gesammtmenge des entwickelten Sauerstoffes.

Wie groß die Quantität des durch die Vegetation der Atmosphäre jährlich zugeführten Sauerstoffes ist, davon kann man einigermaßen sich eine Vorstellung machen, wenn man bedenkt, eine wie ungeheure Quantität Kohlenstoff jährlich zur Entwicklung der vegetabilischen Substanz verwendet wird, und daß mit diesem Kohlenstoff jener der Atmosphäre zurückgelieferte Sauerstoff in einem genauen Verhältniß stehen muß. Ich habe vorher die Zusammensetzung der, bei weitem den Haupttheil der ganzen Pflanze bildenden Stoffe, der Holzfaser nämlich, der Stärke und des Zuckers, mitgetheilt und angegeben, daß man diese Körper als bestehend aus Kohle und Wasser ansehen kann. Wenn nun also Kohlensäure und Wasser von der Pflanze als Nahrungsmittel aufgenommen und zu Holzfaser ꝛc. verarbeitet werden, so muß nothwendig eine dem Gehalt der Kohlensäure genau entsprechende Sauerstoffmenge von der Pflanze ausgehaucht werden. Durch oben ausgeführte Rechnungen haben wir gefunden, daß durch die Vegetation jährlich ungefähr 27 Billionen Kilogr. Kohlenstoff gebunden werden, welche ausschließlich aus der Kohlensäure herstammen. Jenen 27 Billionen Kilogr. Kohlenstoff entsprechen aber 72 Billionen Kilogr. Sauerstoff, welche in die Atmosphäre gasförmig entweichen müssen. Wir haben ferner gesehen, daß die Menge Kohlenstoff, welche jährlich durch die Prozesse der Respiration, der Verbrennung und Verwesung wiederum in Kohlensäure umgewandelt wird, auf nur etwa 14 Billionen Kilogr. veranschlagt werden kann, wozu also reichlich 37 Billionen Kilogr. Sauerstoffgas erforderlich sind. Hier hat sich also eine Differenz zwischen der Ausscheidung und der Absorption von atmosphärischem Sauerstoffgas hergestellt, eine Differenz, die in Wirklichkeit vielleicht noch weit bedeutender sein mag, so daß entweder die Menge der von den Pflanzen jährlich verarbeiteten Kohlensäure höher ist, als wir angenommen haben, oder die Wirkungen des Verwesungsprozesses zu hoch veranschlagt worden sind. Der Zuschuß, welchen die Atmosphäre jährlich an Sauerstoff durch die Vegetation erhält, ist in der That ungleich größer als der Verlust, welchen sie durch die mehrfach angeführten Prozesse erleidet; denn außer der durch die letzteren erzeugten Kohlensäure haben wir noch eine Quelle der Kohlensäure in Rechnung zu bringen, welche wahrscheinlich wenigstens ebenso bedeutend ist als alle jene andern zusammenge-

Gewinn und Verlust der Atmosphäre an Sauerstoff.

nommen. Ich meine nämlich die Kohlensäure, welche jährlich in so ungeheurer Quantität an nicht wenigen Stellen der Erdoberfläche aus dem Innern oder den tieferen Schichten des Erdkörpers in die Atmosphäre hinausströmt. Auch diese Kohlensäure wird von den Pflanzen zersetzt, denn im Ganzen scheint der Kohlensäuregehalt der Luft sich fast gar nicht zu ändern. Es müßte daher der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre fortwährend zunehmen, freilich um eine Größe, die vielleicht erst nach Hunderten und Tausenden von Jahren durch die uns zu Gebote stehenden unvollkommnen Mittel gemessen werden könnte. Dennoch wäre eine solche fortdauernde Zunahme des Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre durchaus unnatürlich, der Weisheit widersprechend, mit welcher die ganze Natur eingerichtet und zum Bestehen für ewige Zeiten geordnet worden ist. Es muß vielmehr in der Natur außer den bereits angeführten noch ein Prozeß vorhanden sein, welcher uns Rechenschaft giebt von dem Bleiben des jährlichen Ueberschusses an Sauerstoffgas und durch welchen das die ganze Schöpfung erhaltende Gleichgewicht in den Bestandtheilen der Atmosphäre wieder hergestellt wird. Dieser Prozeß ist gegeben durch die Verwitterung der Gesteine, durch die Sauerstoffabsorption oder die Oxydation der unorganischen Natur, der Mineralwelt. Der Sauerstoff, welcher auf diese Weise fortwährend aus der Luft verschwindet und in den gebundenen Zustand übergeführt wird, muß in der That außerordentlich beträchtlich sein und es müßte in Folge dieses Prozesses in nicht sehr langer Zeit eine merkliche Verminderung des Sauerstoffgehaltes der uns umgebenden Luft eintreten, wenn nicht eben zu allen Zeiten der Erdgeschichte tief aus dem Innern der Erde fortwährend Kohlensäuregas hervorströmte, welche nach ihrer Zersetzung im Pflanzenreiche, das gestörte Gleichgewicht wieder herstellte. Die folgenden von Bischof herrührenden Betrachtungen und Berechnungen zeigen die so eben angedeuteten Verhältnisse noch deutlicher.

Sauerstoffabsorption bei der Gesteinsverwitterung.

Die etwa 1000 Billionen Kilogr. Kohlenstoff, welche in der Kohlensäure der Atmosphäre enthalten sind, würden, wenn man sie sich über die ganze Erde verbreitet denkt, eine Schicht von kaum einer Linie Mächtigkeit bilden; es war ein großer Irrthum, wenn Liebig früher behauptete, daß jene 1000 Billionen Kilogr. Kohlenstoff mehr betragen sollten, als das Gewicht aller Pflanzen, der Stein- und Braunkohlenlager auf dem ganzen Erdkörper zusammengenommen. Selbst wenn man sich denkt, daß in der Schöpfungsperiode die 21 Proc. Sauerstoffgas, welche unsere heutige Atmosphäre enthält, von zersetzter Kohlensäure

Menge des Kohlenstoffes auf und in der Erde.

herrühren, so würde der dadurch abgeschiedene Kohlenstoff doch nur eine um die ganze Erdoberfläche in Gedanken gezogene Schicht von $2^1/_3$ Fuß Mächtigkeit bilden. Aber selbst diese Menge Kohlenstoff, welche 309 Mal so viel betragen würde als jene in der Atmosphäre durchschnittlich vorhandene Quantität, möchte noch keineswegs als ein Aequivalent für allen Kohlenstoff auf und in der Erde betrachtet werden können. Denn wenn man nach einem sehr mäßigen Anschlage annimmt, daß der in den sedimentären Formationen als Bitumen und als schwarz färbender Bestandtheil enthaltene Kohlenstoff nur $^1/_{10}$ Proc. betrage, und daß die Mächtigkeit aller dieser Formationen von der Grauwacke bis zu den tertiären Bildungen einschließlich, 2 Meilen ausmache, so würde dies in Gedanken eine um die ganze Erdoberfläche gezogene Kohlenstoff-Schicht von 46 Fuß Mächtigkeit, mithin 6200 Mal so viel geben, als in der Atmosphäre gegenwärtig vorhanden ist. In diese Rechnung ist nicht einmal der Kohlenstoff im organischen Reiche und in den Steinkohlen- und Braunkohlenlagern eingeschlossen. Wenn man daher allen Kohlenstoff auf und in der Erde von atmosphärischer Kohlensäure herleiten und nach den herrschenden Ansichten annehmen will, daß die Pflanzen diesen Kohlenstoff abgeschieden haben, so führt dies zu der unwiderleglichen Annahme, daß das vor dem Erwachen des Pflanzenreiches in der Atmosphäre vorhanden gewesene Kohlensäuregas, dem Volumen nach, wenigstens 20 Mal so viel betragen haben müsse, als das gegenwärtig in ihr befindliche Sauerstoffgas. Die Frage, wohin die große Menge Sauerstoff, welche durch die vorausgesetzte Zerlegung jener ursprünglichen Kohlensäure ausgeschieden worden, gekommen sei, läßt sich dahin beantworten, daß es einen bis jetzt unbeachtet gebliebenen, großartigen Oxydations-Prozeß auf Erden gebe, der nothwendig noch größere Quantitäten Sauerstoff verschlungen haben müsse. Dieser Prozeß ist die Oxydation des in den krystallinischen Gesteinen so sehr verbreiteten Eisenoxyduls. Ein Basaltgebirge, welches etwa 12 Proc. Eisenoxydul enthält, wenn es eine um die ganze Erde gezogene Schicht von 191 Fuß Mächtigkeit bildete, würde allein schon hinreichen, durch seine allmählige Verwitterung und durch den Uebergang des Eisenoxyduls in Eisenoxyd die ganze Menge des in der Atmosphäre enthaltenen Sauerstoffgases zu absorbiren. Stammt das Eisenoxyd in der Grauwacken-Formation von zersetzten krystallinischen Gesteinen her, war es darin als Eisenoxydul enthalten, so forderte dieser Oxydationsprozeß 73 Mal so viel Sauerstoff, als die dermalige Atmo-

Sauerstoffabsorption durch das Eisenoxydul.

sphäre enthält. Nimmt man durchschnittlich für die sämmtlichen übrigen sedimentären Formationen denselben Eisengehalt und dieselbe Mächtigkeit an, wie sie die Grauwacken-Formation besitzt, so kommen wir zum 146fachen Volumen des heutigen Sauerstoffgases. Da jener Oxydationsprozeß des Eisenoxyduls in den krystallinischen Gesteinen unter unseren Augen noch fortschreitet und so lange fortschreiten wird, als es noch Eisenoxydul-Silicate geben wird, so ist klar, daß in Folge dieses Prozesses eine fortdauernde Abnahme des atmosphärischen Sauerstoffes stattfinden müsse. Hierzu kommt noch, daß bei der Verwitterung der Gesteine außer dem Sauerstoff noch eine sehr bedeutende Menge Kohlensäure absorbirt, durch die aus den Fesseln der Kieselsäure freigewordnen Mineralbasen (namentlich durch den Kalk und das Kali) gebunden und also der Zersetzung durch die Pflanze entzogen wird. Uebersieht man die Wirkungen des Verwitterungsprozesses in ihrem ganzen Umfange, so ergiebt sich hieraus und aus der wahrscheinlich richtigen Annahme, daß der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre im Wesentlichen sich nicht verändere, daß auf Erden eine Quelle vorhanden sein müsse, aus welcher ununterbrochen der verschwundene Sauerstoff wieder ersetzt wird. Es ist die Entwicklung unermeßlicher Quantitäten von Kohlensäure an vielen Stellen unserer Erde aus den tieferen Regionen derselben. Diese in die Atmosphäre strömende Kohlensäure wird durch die Pflanzen zersetzt und der ausgeschiedene Sauerstoff tritt in den Luftkreis.

Die Nothwendigkeit der Annahme einer Sauerstoffausscheidung aus der Pflanze ergiebt sich sehr einfach und deutlich aus der folgenden von Schleiden ausgeführten Berechnung. 100 Theile der ausgebildeten Wickenpflanze mit reifen Früchten enthielten im wasserfreien Zustande und nach Abzug der Asche (7,58 Proc.): Nothwendigkeit der Sauerstoffausscheidung.

49,30	Theile	Kohlenstoff
6,70	„	Wasserstoff
4,37	„	Stickstoff
39,61	„	Sauerstoff

4,37 Th. Stickstoff erfordern 0,935 Wasserstoff, um Ammoniak zu bilden. Dieser Wasserstoff von obiger Zahl abgezogen bleiben noch 5,765 Th. Wasserstoff, welche nur mit dem Wasser in die Pflanze gekommen sein können. 5,765 erfordern aber 46,644 Sauerstoff, um Wasser zu bilden, hier müssen also schon 7,03 Sauerstoff abgesondert werden. Nun bleiben uns aber noch 49,30 Kohlenstoff. Diese können nur als Kohlensäure in die Pflanze eingetreten sein und haben also noch

131,14 Th. Sauerstoff eingeführt. Mit obigen 7,03 zusammen erhalten wir also 138,17 Theile Sauerstoff, welche abgesondert werden müssen bei der Bildung von 100 Theilen trockner Pflanzensubstanz, oder bei 3600 Kilogr. Erntegewicht müssen auf der Fläche einer Hectare wenigstens 4968 Kilogr. Sauerstoff in Freiheit gesetzt werden.

Fast genau dasselbe Resultat hat Mulder mit Zugrundelegung der Beobachtungen und Analysen Chevandier's gefunden: Eine Quantität von 1754 Kilogr. Kohlenstoff, welche in dem Holze eines Buchenwaldes pr. Hectare jährlich gebunden wird, enthielt in der Form von Kohlensäure, in welcher sie aufgenommen wurde, 4591 Kilogr. Sauerstoff; eine Quantität von 33 Kilogr. Stickstoff, welche in dem Holze gefunden wurde, ist mit 7 Kilogr. Wasserstoff zu Ammoniak vereinigt gewesen; das Holz enthielt nun 213 Kilogr. Wasserstoff, es bleiben also 213—7 = 206 Kilogr. Wasserstoff. Diese bedürfen, um Wasser zu bilden, 1650 Sauerstoff; es waren aber im Ganzen 1507 Sauerstoff in dem Holze enthalten. Die durch die Analyse gefundenen Mengen der Bestandtheile des Holzes waren nämlich für die Fläche einer Hectare folgende:

1754	Kilogr.	Kohlenstoff
213	"	Wasserstoff
33	"	Stickstoff
1507	"	Sauerstoff
3507	Kilogr.	+ 48 Kilogr. Asche = 3555 Kilogr. Holz.

In der Voraussetzung nun, daß die Pflanzen Wasser, Ammoniak und Kohlensäure als Nahrungsstoffe aufnahmen, haben wir:

Kohlenstoff	1754	Wasserstoff	7	Wasserstoff 213—7 =	206
Sauerstoff	4591	Stickstoff	33	Sauerstoff	1650
Kohlensäure =	6345	Amm. =	40	Wasser =	1856

Aus 6345 Kil. Kohlensäure, 40 Kil. Ammoniak und 1856 Kil. Wasser ist dann das Holz gebildet. Die Summe des Sauerstoffes von der Kohlensäure und Wasser ist 4591 + 1650 = 6241; subtrahirt man hiervon die Quantität des Sauerstoffes, welche im Holze vorhanden ist = 1507, so bleibt für die Menge Sauerstoff, welche durch die Blätter ausgestoßen ward, ein Gewicht von 4734 Kilogr. übrig.

Verhalten der Pflanze während der Nacht.

Saussure hat ferner durch zahlreiche Versuche bewiesen, daß das Verhalten der Pflanze gegen die umgebende Atmosphäre während

der Nacht gerade das umgekehrte ist von dem, welches man am Tage beobachtet. Während nämlich unter dem Einfluß des Tageslichtes Kohlensäure der Luft entzogen und Sauerstoff derselben zugeführt wird, wird im Gegentheil während der Nacht Sauerstoffgas aus der umgebenden Atmosphäre absorbirt und dagegen der Gehalt derselben an Kohlensäure vergrößert. Saussure fand, daß die Blätter der Eiche, der Roßkastanie, der unächten Akazie, des Sedum reflexum und des größten Theiles aller Gewächse, im Dunkeln das Volumen ihrer Atmosphäre vermindern. Das Sauerstoffgas der letzteren verschwindet und es bildet sich ein Theil freier Kohlensäure, welche an Volumen geringer ist, als das während der Nacht verbrauchte Sauerstoffgas. Die Blätter oder die grünen Theile des Cactus Opuntia, der Crassula Cotyledon, des Sempervivum tectorum, der Agave americana, der Stapelia variegata vermindern im Dunkeln, indem sie Sauerstoffgas einsaugen, das Volumen ihrer Atmosphäre, ohne jedoch merklich kohlensaures Gas zu bilden. Blätter und Aeste von Cactus Opuntia, zusammen ein Volumen von 119 Cub. Cent. bildend, verminderten das Volumen (951 C. C.) der umgebenden Atmosphäre während einer Nacht um 79 C. C., welche bei der Untersuchung genau dem Verluste an Sauerstoffgas entsprachen; dieselben Blätter wurden darauf am Morgen der Einwirkung des Sonnenlichtes ausgesetzt und hatten am Abend das Volumen der Luft um 83 C. C. reinen Sauerstoffgases vermehrt, woraus sich also ergiebt, daß der während der Nacht aufgenommene Sauerstoff bei Tage wiederum vollständig von der Pflanze ausgehaucht wird. Dieselben Blätter lieferten bei der Wiederholung des Versuches ein ganz gleiches Resultat. Ueberhaupt absorbiren alle Blätter während der Dunkelheit Sauerstoff und entwickeln dagegen Kohlensäure; das Letztere ist bei den nicht fleischigen Blättern in weit höherem Grade der Fall als bei den sehr saftigen. Die Versuche Saussure's sind mit allerdings frischen, aber doch von der lebenden Pflanze abgelösten Blättern und Stengeln angestellt und können deshalb für die lebende Pflanze selbst nicht ganz beweisend sein. Jedoch ist dieselbe Erscheinung, nämlich die Aushauchung von kohlensaurem Gas an einer auf ihrem natürlichen Standorte befindlichen Pflanze ebenfalls von Boussingault beobachtet worden, indem er bei einer Weinrebe fand, daß die während der Nacht aus dem oben beschriebenen Apparate heraustretende Luft im Allgemeinen noch einmal so viel Kohlensäure enthielt als die umgebende Atmosphäre.

Veränderung des Luftvolumens.

Wenn auch die während der Nacht auftretenden Erscheinungen den bei Tage beobachteten entgegengesetzt sind, so darf man doch keineswegs annehmen, daß dieses auch bei den in der Pflanze stattfindenden Prozessen in gleichem Maaße der Fall sei; in der Art nämlich, daß die ganze Menge des von den Pflanzen während der Nacht aufgenommenen Sauerstoffes direct mit dem schon verarbeiteten und assimilirten Kohlenstoff sich zu Kohlensäure verbände. Jene beiden vorher erwähnten Erscheinungen, welche während der Nacht in der Umgebung der Pflanze sich kundgeben, stehen vielmehr unter einander, wenigstens zum großen Theile, in gar keiner Beziehung, und finden ihre einfache Erklärung darin, daß man die eine, nämlich die Entwicklung der Kohlensäure, als die Folge eines rein mechanischen Prozesses betrachtet, die andere aber, die Aufnahme von Sauerstoff, als das Resultat einer rein chemischen Anziehung annimmt. Die Kohlensäure dringt nämlich fortwährend, bei Nacht so gut wie am Tage, mit der Feuchtigkeit aus dem Erdboden in die Pflanze ein, die Feuchtigkeit verdampft in jedem Augenblicke auf der Oberfläche der Pflanze; wenn nun während der Nacht die zersetzende Kraft des Sonnenlichtes fehlt, so muß natürlich die Kohlensäure mit der Feuchtigkeit wiederum in die Luft entweichen, welches auch am Tage geschehen würde, wenn nicht eben jene Zersetzung stattfände, in Folge deren nur der eine Bestandtheil der Kohlensäure, der Sauerstoff, gasförmig sich entwickelt, während der andere, der Kohlenstoff, von der Pflanze zurückgehalten wird. Freilich ist die Verdunstung der Feuchtigkeit von der Oberfläche der Pflanze während der Nacht, wegen der niedrigeren Temperatur der umgebenden Luft, bedeutend schwächer, als am Tage, und deshalb auch die Aufnahme von Wasser und Kohlensäure aus dem Erdboden durch die Wurzel wahrscheinlich nicht sehr beträchtlich; gänzlich hört dieselbe jedoch niemals auf. Es ist unmöglich mit Sicherheit zu bestimmen, ob nicht auch die während der Nacht beobachtete Absorption des atmosphärischen Sauerstoffgases an der Entwicklung der Kohlensäure Antheil habe, auf die Weise, daß vielleicht die im Pflanzensafte aufgelösten organischen, eiweiß- und dextrinartigen Stoffe unter dem directen Einflusse des Sauerstoffes theilweise zersetzt werden, indem nun die schützende Kraft des nur bei Gegenwart des Tageslichtes mit hinreichender Energie auftretenden Assimilationsprozesses nicht vorhanden ist.

Ursache der Kohlensäureentwicklung.

Ursache der Sauerstoffaufnahme.

Die Aufnahme von Sauerstoff während der Nacht scheint die Folge einer chemischen Anziehung zwischen Körpern zu sein, die zu einander Verwandtschaft besitzen oder ein Bestreben haben, sich mit

einander innig zu verbinden. Diese Aufnahme kann kein mechanischer Prozeß sein, denn dann müßte dieselbe auch hinsichtlich anderer Gase stattfinden, wie z. B. in einer Atmosphäre von Stickstoffgas und Wasserstoffgas, welches jedoch nicht der Fall ist, und ebenso wenig wird das absorbirte Sauerstoffgas durch Aufhebung des Luftdruckes oder durch Anwendung einer erhöhten Temperatur im Dunkeln wieder ausgetrieben, zum Beweise, daß dasselbe mit einer gewissen Kraft zurückgehalten wird, welche nur durch eine chemische Anziehung erklärt werden kann. Es erlischt, wie es scheint, mit dem Eintreten der Dunkelheit zum großen Theile die Lebensthätigkeit in der Pflanze oder es hört wenigstens die rasche Assimilation der einfachen Nahrungsstoffe auf; während der Nacht ist es dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft gestattet, seiner gewöhnlichen, außerhalb des Gebietes des Organismus ihm eigenthümlichen Neigung, mit anderen Substanzen Verbindungen einzugehen, Folge zu leisten. Wir sehen deshalb auch jene Sauerstoffabsorption bei den verschiedenen Pflanzen sehr verschiedenartig auftreten; einige absorbiren eine nur sehr geringe, andere dagegen eine auffallend bedeutende Menge Sauerstoff aus der umgebenden Atmosphäre; die grünen Theile der Pflanzen, welche flüchtige Oele enthalten, die sich durch Aufnahme des Sauerstoffes in Harz verwandeln, und andere, in deren Saft sich die Bestandtheile der Galläpfel befinden oder stickstoffhaltige Substanzen, nehmen ungleich mehr Sauerstoff auf, als solche, worin diese Bestandtheile fehlen. Versuche beweisen diese Behauptung zur Genüge; während z. B. die amerikanische Agave mit ihren fleischigen, geruch- und geschmacklosen Blättern nur 0,3 ihres Volumens Sauerstoff in 24 Stunden im Dunkeln absorbirt, nehmen die mit flüchtigem, verharzbarem Oel durchdrungenen Blätter der Fichte die 10 fache, die gerbsäurehaltigen der Eiche die 18 fache und die Blätter der Silberpappel die 21 fache Menge des von der amerikanischen Agave absorbirten Sauerstoffes auf. Die chemische Einwirkung des Sauerstoffes auf die schon fertig gebildeten Bestandtheile der Pflanze würde immer weiter fortschreiten und schließlich erst mit der völligen Zerstörung der organisch-vegetabilischen Masse aufhören, wenn die Pflanze nicht bereits nach wenigen Stunden, mit dem Beginn der Morgendämmerung, wiederum in das Bereich der durch das Sonnenlicht aufs Neue angeregten Lebensthätigkeit zurückgeführt würde, und unter diesem Einflusse während des Tages die ganze Menge des aufgenommenen Sauerstoffgases wieder verlöre und der Atmosphäre zurückzugeben gezwungen würde, um in der darauf folgenden Nacht dem angeführten

chemischen Prozesse aufs Neue unterworfen zu werden. Einige ausländische Pflanzen, wie namentlich Cotyledon calycina und Cacalia ficoides zeigen nach Liebig's Angabe diesen Orydations- oder Säurebildungsprozeß während der Nacht auf eine besonders auffallende Weise, denn deren Blätter sind am Morgen sauer wie Sauerampfer, gegen Mittag geschmacklos und Abends sogar bitter.

Verhalten der Blüthen gegen die umgebende Luft.

Eine wirklich directe Verbindung des atmosphärischen Sauerstoffes mit dem bereits assimilirten Kohlenstoff scheint in den Blüthen der Pflanzen stattzufinden. Die Blüthen haben nicht die Fähigkeit die Kohlensäure zu zersetzen, sie nehmen vielmehr, je nach ihren Bestandtheilen, größere oder kleinere Mengen von Sauerstoff auf, lassen denselben mit dem Kohlenstoff ihrer eigenen Substanz eine Verbindung eingehen und stoßen ihn zum Theil in der Form von Kohlensäure wiederum aus. Die Blüthen entfalten sich nicht in einer sauerstofffreien Atmosphäre; sie absorbiren alle Sauerstoffgas, bei Tage sowohl, wie bei Nacht, und im Lichte sogar im höheren Grade als im Dunkeln, jedoch nach den verschiedenen Species in veränderlicher Menge, so daß 1 C. C. Blumen in 200 C. C. atmosphärischer Luft innerhalb 24 Stunden 5 bis 10 C. C. Sauerstoffgas in Kohlensäure verwandeln; sie nehmen also im Allgemeinen weit mehr Sauerstoff in sich auf, als dies bei den Blättern der Fall ist. Die äußeren Erscheinungen in der Blüthe sind ganz dieselben, wie die, welche bei den Blättern während der Nacht eintreten; hier wie dort wird Sauerstoffgas aus der umgebenden Atmosphäre absorbirt, Kohlensäuregas dagegen ausgehaucht; in den Blättern aber sind beide Erscheinungen, wie wir gezeigt haben, zum großen Theil wenigstens unabhängig von einander, in den Blüthen dagegen stehen sie mit einander in dem innigsten Zusammenhange, hier findet in der That eine förmliche Verbrennung statt, es bildet sich Kohlensäure aus dem in der Blüthe selbst enthaltenen Kohlenstoff und dem Sauerstoff der umgebenden Atmosphäre. Diese Umwandlung des Sauerstoffes wird vorzugsweise durch die Geschlechtsorgane bewirkt und zwar besonders zu der Zeit, während welcher die Befruchtung in der Blüthe vor sich geht; die Staubfäden und Pistille der Blumen enthalten bekanntlich eine bedeutende Menge klebriger und ätherischer Riechstoffe, welche auch außerhalb des Organismus der Pflanze eine große Anziehung zum Sauerstoff besitzen. Die Umwandlung des atmosphärischen Sauerstoffes in Kohlensäure durch die Blüthen ist immer verbunden mit einer gewissen Wärmeentwicklung, welche freilich dem Gefühl sich nicht immer

Wärmeentwicklung.

kundgiebt, aber besonders dann deutlich hervortritt, wenn man Blüthen der Untersuchung unterwirft, welche in großer Menge an einem Kolben zusammenstehen, wie dieses z. B. bei den verschiedenen Arten der Gattung Arum der Fall ist. Bei Arum maculatum fängt, den Beobachtungen Dutrochet's zufolge, die Spitze des Kolbens ungefähr zwei Tage vor dem Oeffnen der Blumenscheide an, eine höhere Temperatur zu zeigen als die umgebende Luft. Diese Wärme nimmt nach und nach zu und erreicht ihren Höhepunkt in dem Augenblicke des Oeffnens der Blumenscheide, wobei sie die der Luft um 11° bis 12° C. übertrifft. So hält sie sich zwei Stunden lang, nimmt allmählig ab und verschwindet gänzlich ungefähr 12 Stunden nachher, um nicht wieder zu kommen. Die Wärme des oberen Theiles des Blüthenkolbens verschwindet in der Nacht, welche dem Tage folgt, an welchem die Blumenscheide sich geöffnet hat; die Wärme der männlichen und weiblichen Blüthen ist auch während der Nacht noch zu bemerken, nimmt aber an Stärke ab. Am folgenden Morgen wächst diese Wärme von Neuem und erhebt sich höher als am Tage vorher; sie erreicht am Vormittage ihren Höhepunkt und nimmt dann allmählig an Stärke ab, um in der folgenden Nacht für immer zu verschwinden. Die Wärme in der Anschwellung der Keule ist größer als die der männlichen Blüthen und diese größer als die der weiblichen. Die Ursache dieser Wärmeentwicklung liegt offenbar zum großen Theile in der während der Blüthe stattfindenden Bildung der Kohlensäure aus dem atmosphärischen Sauerstoffe und dem Kohlenstoffe der Blüthentheile selbst, indem hierbei, wie bei jedem energisch auftretenden chemischen Prozesse, eine bedeutende Menge von Wärme frei wird; jedoch scheint sie in diesem Prozesse keineswegs einzig und allein begründet zu sein, indem man gefunden hat, daß die Blüthen einiger Pflanzen eine höhere Temperatur zeigten, als die anderer, ungeachtet die letzteren in derselben Zeit eine größere Quantität Sauerstoff in Kohlensäure verwandelten. Es möchte daher die beobachtete Wärmeentwicklung, noch außer mit der Bildung von Kohlensäure, in Verbindung stehen mit einem eigenthümlichen organischen Prozesse, welcher während der Befruchtung der Pflanze auftritt und noch anderweitige Umwandlungen der organischen Materie in der Blüthe bewirkt, welche zu der Entstehung der Frucht und des Samenkornes die erste Veranlassung geben.

Die **Wurzeln** verhalten sich sowohl im Sonnenlichte als im Schatten fast ganz so wie die Blätter im Dunkeln; sie absorbiren Verhalten der Wurzeln.

Sauerstoffgas und entwickeln dagegen Kohlensäuregas, nur ist die Aufnahme von Sauerstoff bei den ersteren weit weniger bemerkbar, weil die Wurzeln den Tag über kein kohlensaures Gas zerlegen und daher niemals ganz davon befreit sind. Am meisten Sauerstoff wird von den Wurzeln absorbirt, wenn diese noch mit den übrigen Theilen der Pflanze vereinigt sind; es vertheilt sich dann nämlich die gebildete und absorbirte Kohlensäure von den Wurzeln aus in die ganze Pflanze und wird von den Blättern verarbeitet, wenn sie sich im Sonnenlichte, und wieder ausgestoßen, wenn sie sich im Dunkeln befindet. Die Aufnahme von Sauerstoffgas durch die Wurzeln ist für das Leben der ganzen Pflanze eine unerläßliche Bedingung; die Pflanze geht sehr bald zu Grunde, wenn die Wurzeln in einem sauerstofffreien Medium sich befinden, z. B. in reinem Kohlensäuregas oder in reinem Wasserstoff- und Stickstoffgas.

Der Früchte.

Zahlreiche Versuche über das Verhalten der Früchte gegen die umgebende Atmosphäre sind namentlich von Saussure, Berard, Couverchel und Fremy angestellt und mitgetheilt worden. Diese haben jedoch bisher zur Aufklärung der bei der Entwicklung der Frucht stattfindenden Prozesse wenig beigetragen. Im Allgemeinen wissen wir nur, daß die unreifen, grünen Früchte ähnlich den Blättern sich verhalten und unter dem Einfluß des Sonnenlichtes den Sauerstoffgehalt der umgebenden Atmosphäre vermehren; so wie die Früchte dagegen dem Zustande der Reife sich nähern, absorbiren sie, wie die Blüthen und Wurzeln, im Gegentheil Sauerstoff und geben dafür Kohlensäure der Atmosphäre zurück. Die in den Schoten von Colutea arborescens enthaltene Luft fanden Calvert und Ferrand weit reicher an Kohlensäure als die umgebende atmosphärische Luft; ferner war die Menge der Kohlensäure in diesen Schoten, übereinstimmend mit den früher angegebenen Beobachtungen, bei Nacht größer als bei Tage (die äußersten Gränzen sind 2,746 und 1,419 in 100 Theilen dem Volumen nach). Auch ließ sich eine progressive Abnahme der Kohlensäure bis zu dem Punkte verfolgen, wo dieselbe aufzuhören schien, woraus sich ergiebt, daß die zersetzende Kraft des Lichtes sich mit dessen Intensität und der Dauer seiner Wirkung vermehrt; endlich bemerkte man, daß hinsichtlich des Alters der Schoten die Reduction der Kohlensäure mit der Kraft der Vegetation im Verhältniß steht.

Der kryptogamen oder Zellenpflanzen.

Ganz anders als die bisher betrachteten höheren oder sogenannten Gefäßpflanzen verhalten sich die niederen Gewächse, die Crypto-

gamen oder Zellenpflanzen gegen die umgebende Atmosphäre. Von diesen Pflanzen hat man bisher allein die Pilze und Moose der Untersuchung unterworfen. Marcet und in neuerer Zeit namentlich Hofmann haben gefunden, daß im Leben und während des Wachsthums dieser Pflanzen den vorher beschriebenen gerade entgegengesetzte Erscheinungen auftreten. Sie nehmen nämlich aus der Luft Sauerstoffgas auf und hauchen dagegen Kohlensäuregas in bedeutender Quantität aus, und zwar nimmt diese bei der höheren Reife, besonders aber unter dem Einfluß des Sonnenlichtes beträchtlich zu, während bei den Gefäßpflanzen die Sonne gerade umgekehrt die Menge der Kohlensäure vermindert. Die kryptogamen Gewächse verschlechtern also die Atmosphäre, während die höher organisirten Pflanzen sie verbessern, d. h. sie an Sauerstoff oder Lebensluft bereichern. Es verhalten sich die Zellenpflanzen während ihres ganzen Wachsthums ganz ähnlich den höheren Pflanzen, so lange diese sich noch in der Periode des Keimens befinden; hier wie dort wird Sauerstoffgas absorbirt, Kohlensäure ausgestoßen und in der That möchte auch die Ursache dieser Erscheinung in beiden Fällen eine ganz ähnliche sein. Ich habe oben nachgewiesen, daß die humusartigen Bestandtheile der Ackerkrume nicht als directe Nahrungsmittel der Pflanze angesehen werden können, diese Regel mag aber für die niedrigeren Pflanzen eine Ausnahme finden, indem es scheint, daß diese in der That complicirter zusammengesetzte Stoffe in sich aufzunehmen im Stande sind; denn es ist bekannt, daß jene Gewächse zum Theil als Parasiten andere Pflanzen überziehen, daß sie in diesem Falle das Verkümmern der letzteren veranlassen, vielleicht weil sie ihnen den fertig gebildeten Nahrungssaft entziehen oder doch die Zerstörung des letzteren veranlassen und ihre organische Masse bilden, ähnlich wie die ersten Keime der höheren Gewächse sich entwickeln auf Kosten der im Samenkorne enthaltenen fertig gebildeten und durch das Wasser in den aufgelösten Zustand übergeführten organischen Stoffe. Auf der anderen Seite wissen wir auch, daß die Moose und Pilze zum großen Theile besonders üppig in einem feuchten, sumpfigen, sehr humosen oder sogenanntem sauren Boden gedeihen, in welchem das Wasser durch aufgelöste humose Stoffe oft ganz dunkel gefärbt erscheint. Hier gehen die Humussubstanzen als solche in jene Organismen über, allerdings nachdem sie bei ihrer Aufnahme durch die äußersten Wurzelenden eine theilweise Umwandlung, eine Entfärbung erlitten haben. Bei dieser Annahme erklärt sich auch die Bildung der Kohlensäure durch

Ernährung derselben durch Humussubstanzen.

diese Pflanzen; die Zersetzung nämlich der humusartigen oder überhaupt organischen Substanzen, welche unter dem Einflusse der Wärme, Feuchtigkeit und dem Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffgases bei der Ernährung der höher organisirten Pflanzen außerhalb ihres Organismus stattfindet, die tritt hier in dem Innern des Gewächses selbst auf, es muß also Sauerstoff absorbirt, Kohlensäure ausgestoßen werden, damit die aufgenommenen Nahrungsstoffe die Fähigkeit erlangen, in neue organische Gebilde umgewandelt zu werden. Die kryptogamen Pflanzen bleiben gleichsam ihr ganzes Leben hindurch in dem Zustande der Kindheit, sie vermögen sich nicht frei zu machen von den ihrer eigenen Masse ähnlichen Stoffen und selbstständig neue und eigenthümliche Nahrungsmittel in sich zu verarbeiten, sie bilden nur Zellengewebe, durch und durch mit Pflanzensaft angefüllt, während die höheren Pflanzen außerdem noch eigentliche sogenannte Gefäße in ihrem Organismus erzeugen, in welchen Luft circulirt, und durch welche also die gasförmigen Nahrungsstoffe der Kohlensäure und des Ammoniaks allenthalben mit dem in den Zellen eingeschlossenen Nahrungssaft in innige Berührung gebracht werden können, um hier die nöthigen Umwandlungen hervorzubringen und selbst an der Vermehrung der organisch-vegetabilischen Masse Theil zu nehmen. Wir sehen hier wiederum, wie die Natur zur Erzeugung der in ihr auftretenden wunderbaren Pracht und Mannichfaltigkeit sich allenthalben der einfachsten und nur weniger Mittel bedient, indem sie die Prozesse, welche zur Entwicklung der ersten Keime des Samenkornes bei den gewöhnlichen den Erdboden mit ihrer bunten Decke überziehenden Pflanzen beitragen, hier eine ganze Classe von anders organisirten Pflanzen hervorbringen läßt.

2. Zersetzung des Wassers im vegetabilischen Organismus.

Bedeutung des Vegetationswassers.

Ich gehe jetzt über zu der Erörterung der Bedeutung des **Wassers** für die Ernährung der Pflanze. Das Wasser hat eine doppelte Function in dem Organismus der Pflanze; es ist der Hauptbestandtheil des die ganze Pflanze durchdringenden Pflanzensaftes und nimmt als solcher in den grünen einjährigen Kräutern und in den jungen Trieben der perennirenden Gewächse wenigstens $^4/_5$ vom ganzen Gewichte des Individuums für sich in Anspruch; es dient dazu, die Stoffe, deren Umwandlung in neue eigenthümliche Substanzen die Auf-

gabe des vegetabilischen Organismus ist, ganz oder theilweise in den auflöslichen Zustand zu versetzen und in Folge dessen in die innigste unmittelbare Berührung mit einander zu bringen, welche nothwendig ist, wenn sie gegenseitige chemische Einwirkung auf einander äußern sollen. Wird durch anhaltende Trockenheit die hierzu erforderliche Wassermenge durch Verdampfung von der Oberfläche der Pflanze bedeutend verringert, und vermag die Pflanze nicht dafür ein Aequivalent dem Erdboden oder der umgebenden Atmosphäre zu entziehen, so wird die Pflanze in ihrem Wachsthum aufgehalten, sie verkümmert, und es erlischt endlich die Lebensthätigkeit derselben, weil die in ihr emporsteigenden Säfte eine Verdickung erleiden, nicht frei sich mehr bewegen können und damit auch aufhören die chemische Umwandlung der Stoffe zu unterstützen. Das Wasser hat aber noch eine andere, nicht weniger wichtige Bedeutung in dem Leben der Pflanze, es dient nämlich als directes Nahrungsmittel für den vegetabilischen Organismus; seine Bestandtheile gehen mit den Bestandtheilen der Kohlensäure unter dem Einflusse des Sonnenlichtes neue Verbindungen ein, sie nehmen eine feste starre Form an und bilden diejenigen organischen Substanzen, aus denen die trockene Masse der Pflanze bei weitem zum größten Theile zusammengesetzt ist. Die Art und Weise, wie diese Umwandlung zu Stande kommt, die Zersetzungen, unter welchen die Kohlensäure und das Wasser den vegetabilischen Organismus ernährt, seine Masse vermehrt, lassen verschiedene Erklärungen zu, für deren Richtigkeit in der einen oder anderen Hinsicht wir keine directe Versuche, Beobachtungen und Beweise mitzutheilen im Stande sind, wohl aber aus analogen innerhalb oder außerhalb des organischen Lebens auftretenden Erscheinungen und Prozessen der einen Ansicht vor der anderen eine größere Wahrscheinlichkeit beizulegen vermögen.

Wasser als Nahrungsstoff.

Wie bereits oben angeführt wurde, sind die, vorzugsweise die Hauptmasse der Pflanze bildenden Stoffe, wie Holzfaser, Stärke, Zucker, Gummi, zusammengesetzt aus nur 3 einfachen Körpern, dem Kohlenstoff nämlich, dem Sauerstoff und dem Wasserstoff, und zwar enthalten sie die beiden letzteren Bestandtheile genau in dem Verhältnisse, in welchem sie Wasser bilden, so daß also jene im Pflanzenreiche so verbreiteten Substanzen, der einfacheren Uebersicht wegen, betrachtet werden können als bestehend aus Kohlenstoff und Wasser. Es wäre mithin hier die Annahme scheinbar die einfachste, daß die Kohlensäure in der lebenden Pflanze völlig in ihre beiden Bestandtheile zerlegt, der Sauer-

Art der Assimilation.

stoff ausgeschieden und der Kohlenstoff mit dem überall gegenwärtigen Wasser verbunden würde zu Holzfaser, Stärke u. s. w. Diese Ansicht ist auch in der That bis in die neueste Zeit ziemlich allgemein die herrschende gewesen, und wir selbst haben im Vorhergehenden bei der Kohlensäure diese vollständige Zersetzung vorläufig angenommen, weil wir dort noch nicht auf die hier näher zu betrachtende gleichzeitige Verarbeitung des Wassers eingehen konnten. Der angeführten Annahme steht diejenige gegenüber, nach welcher die Kohlensäure und das Wasser gleichzeitig eine Zersetzung erleiden, und zwar in der Art, daß die Kohlensäure zunächst nur die Hälfte ihres Sauerstoffes verliert und zu einer niedrigeren Sauerstoffverbindung des Kohlenstoffes, welche wir Kohlenoxyd nennen, reducirt wird, während zu gleicher Zeit das Wasser in seine beiden Bestandtheile zerfällt, der Wasserstoff mit jenem neu gebildeten Kohlenoxyd eine Verbindung eingeht und zu organischen Stoffen verarbeitet wird, der Sauerstoff dagegen mit dem aus der Kohlensäure ausgeschiedenen zugleich aus dem Organismus der Pflanze austritt. Die Resultate sind, beiden Ansichten zufolge, dieselben, es wird eine gleiche Quantität Sauerstoff frei, und die Verhältnisse der zurückbleibenden Stoffe bleiben dieselben.

Beweise für die Zersetzung des Wassers.

Ich halte die zuletzt angeführte Theorie für die richtigere und zwar aus folgenden Gründen. Boussingault hat Samenkörner von Erbsen, Klee und verschiedenen Getreidearten in einem vollkommen humusfreien, künstlich gebildeten Gemenge von Thon und Sand keimen und vegetiren lassen, um dem Einwurfe zu begegnen, daß die Gegenwart humusartiger Düngerstoffe in der Ackerkrume möglicherweise auf die Assimilation der Elemente in verschiedenen Mengenverhältnissen von Einfluß sein könnte. Die im Verlaufe von mehreren Monaten entwickelten Pflanzen wurden der Elementaranalyse unterworfen und es stellte sich fast durchgängig als Resultat heraus, daß der Gehalt derselben an aufgenommenem Wasserstoff etwas größer war, als hinreichte, um mit dem gleichzeitig vorhandenen Sauerstoffe Wasser zu bilden. Dieser Ueberschuß von Wasserstoff mußte also wenigstens nothwendig unter Zersetzung des Wassers in die Zusammensetzung der Pflanze eingegangen sein. Ferner wissen wir aus Saussure's Versuchen, daß die Menge des Sauerstoffes, welche während des Wachsthums der Pflanze aus derselben sich entwickelt, geringer ist als die ganze in der absorbirten Kohlensäure enthaltene Quantität, daß also eine gewisse Menge von Sauerstoff aus der Kohlensäure noch von der vegetirenden Pflanze zurückgehalten wird; da nun im Gegentheil die

obigen Analysen beweisen, daß der in der Pflanze enthaltene Sauerstoff nicht einmal hinreicht, um mit dem vorhandenen Wasserstoffe Wasser zu bilden, so kann offenbar nicht die ganze Menge des Sauerstoffes aus der Kohlensäure bei deren Assimilation abgeschieden worden sein, denn sonst müßte der ausgehauchte Sauerstoff wenigstens ebenso viel betragen, als vorher mit dem Kohlenstoff in der Kohlensäure in Verbindung war, ja, jene ausgestoßene Sauerstoffquantität müßte sogar größer sein, weil die Analysen einen Ueberschuß von Wasserstoff, also eine Zersetzung des Wassers und folglich auch eine Trennung einer gewissen Menge Sauerstoff aus dem Wasser nachweisen. Es ist nun doch wohl nicht anzunehmen, daß die Kohlensäure, wenn überhaupt eine Zersetzung derselben stattfindet, je nach den Umständen einen veränderlichen und beliebigen Theil ihres Sauerstoffgehaltes verliert, sondern es muß diese Zersetzung, wie bei allen chemischen Prozessen, nothwendig nach ganz bestimmten atomistischen Verhältnissen erfolgen. Wenn daher, wie aus den Beobachtungen hervorgeht, nicht die ganze Menge des Sauerstoffes aus der Kohlensäure abgeschieden wird, so kann nur die Trennung der Hälfte stattfinden, weil wir keine anderen Verbindungen des Kohlenstoffes mit Sauerstoff kennen, welche hier wirksam sein können, als die Kohlensäure und das Kohlenoxyd, das letztere aber genau die Hälfte des Sauerstoffgehaltes der ersteren in sich gebunden hat. Findet aber in der lebenden Pflanze nur die Abscheidung der Hälfte des Sauerstoffgases aus der Kohlensäure statt, so muß auch gleichzeitig eine Zersetzung des Wassers eintreten, weil ohne die letztere wiederum die Menge des aus der Pflanze sich entwickelnden Sauerstoffgases bedeutend geringer sein würde, als dieses in der That der Fall ist. Endlich schließen wir aus dem Vorhergehenden, daß, wenn überhaupt eine Zersetzung des Wassers hier vorhanden ist, diese sich auch auf die ganze Menge des als directes Nahrungsmittel dienenden Wassers ausdehnt, da wir nicht einsehen können, weswegen die Natur zur Erzeugung organischer Gebilde je nach den Umständen sich verschiedener Mittel bedienen sollte, wo ein einziger Prozeß ausreicht, um das Resultat vollständig zu erklären.

Ein anderes Beispiel, um die Richtigkeit der aufgestellten Behauptung, daß in der lebenden Pflanze eine Zersetzung des Wassers stattfinde, zu beweisen, entnehme ich dem Verhalten gewisser niedrig organisirter Gewächse, nämlich der Pilze gegen das Wasser. Uebergießt man nämlich diese Gewächse mit Wasser und setzt sie darauf dem Ein-

flusse des directen Sonnenlichtes aus, so bemerkt man die Entweichung eines Gases, welches bei der Untersuchung als Wasserstoffgas sich zu erkennen giebt, und dessen Bildung nur durch eine stattfindende Zersetzung des Wassers erklärt werden kann, da das Aussehen der Pilze selbst keineswegs die Annahme einer anfangenden Fäulniß derselben und der Entwicklung von Wasserstoffgas aus deren eigenen Substanz zuläßt. Die hier beobachtete Wasserzersetzung ist vielmehr die Folge der den Pilzen noch einwohnenden Lebensthätigkeit, welche sich bei diesen Gewächsen, wie überhaupt bei den niedriger organisirten, den sogenannten kryptogamen Pflanzen ganz anders äußert, als wie wir bei den gewöhnlichen Pflanzen beobachten. Die Pilze haben eine so große Anziehungskraft zum Sauerstoffe, daß, wenn sie durch eine Wasserschicht von dem vollkommnen Zutritt der atmosphärischen Luft abgeschlossen sind, sie den Sauerstoff dem Wasser selbst entziehen und dadurch den anderen Bestandtheil desselben, das Wasserstoffgas, in den freien Zustand überführen. Wir sehen also hier unter dem Einflusse des Lebensprozesses deutlich eine Wasserzersetzung auftreten, und es scheint daher nach dieser Analogie die Annahme durchaus nichts Gezwungenes zu haben, daß auch durch die höher organisirten Pflanzen eine gleiche Zersetzung bewirkt werden könne, nur daß hier der andere Bestandtheil des Wassers, der Wasserstoff nämlich, von der Pflanze assimilirt und zurückgehalten wird, der Sauerstoff dagegen gasförmig entweicht, also umgekehrt wie bei den Pilzen.

Wenn noch ein Zweifel über die in den Pflanzen stattfindende Wasserzersetzung übrig ist, so kann man auch auf Thatsachen verweisen, welche allerdings außerhalb der Sphäre der vegetabilischen Lebensthätigkeit liegen, aber dennoch aus dem Grunde hier Beweiskraft in Anspruch nehmen, weil wir immer von dem Grundsatze ausgehen müssen und denselben überall bestätigt finden, daß die Natur zur Erreichung ihrer Zwecke sich stets der einfachsten Mittel bedient und nur da neue schafft, wo die zur Erzeugung anderer Gebilde verwendeten und schon vorhandenen nicht mehr ausreichen. Dieses vorausgeschickt, erwähnen wir, daß die Kohlensäure die Hälfte ihres Sauerstoffes verhältnißmäßig nur schwach gebunden hält und leicht an andere oxydirbare, d. h. verbrennbare Stoffe abzugeben geneigt ist, daß dagegen die zweite Hälfte um so schwieriger von dem Kohlenstoffe zu trennen ist und nur der Einwirkung der allerkräftigsten chemischen Agentien weicht; während auf der anderen Seite das Wasser eine Verbindung ist, deren Bestandtheile

in zahlreichen Prozessen mit Leichtigkeit auseinander fallen, und bei Gegenwart anderer Stoffe zu der Umwandlung derselben Veranlassung geben. Schließlich können wir doch unmöglich annehmen, daß in den mannichfaltigen organischen Gebilden das Wasser als solches fertig gebildet und mit dem Kohlenstoff in Verbindung vorhanden sei, da alle Bestandtheile in denselben in einem so innigen Zusammenhange mit einander stehen, daß der Sauerstoff und Wasserstoff in der Form von Wasser nur unter völliger Zerstörung des organischen Körpers abgeschieden werden können; es sind nur die Bestandtheile des Wassers, nicht das Wasser selbst als solches in den organischen Gebilden vorhanden, und dieses muß folglich, ehe es als Nahrungsstoff zur Vermehrung der vegetabilischen Masse beitragen konnte, ebenso wie die Kohlensäure, erst in seine einfachen elementaren Bestandtheile zerlegt worden sein.

3. Zersetzung des Ammoniaks in der Pflanze.

Das dritte Hauptnahrungsmittel der Pflanzen ist das Ammoniak; dieses wird neben der Kohlensäure und dem Wasser zu der Bildung der stickstoffhaltigen, im vegetabilischen Organismus erzeugten Substanzen verwendet, welche vorzugsweise in den Samen sich angehäuft vorfinden, doch auch in geringerer Menge in allen übrigen Theilen der Pflanze verbreitet vorkommen und mit den Namen Kleber, vegetabilisches Eiweiß, Käsestoff, Fibrin, Pflanzenleim und alle insgesammt als Proteinverbindungen bezeichnet werden. Diese Körper enthalten 4 elementare Bestandtheile, nämlich Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff und außerdem noch häufig kleine Mengen von Phosphor und Schwefel; Sauerstoff und Wasserstoff sind in ihnen nicht in dem Verhältniß vorhanden, in welchem sie Wasser bilden, sie enthalten vielmehr einen bedeutenden Ueberschuß an Wasserstoff, der ohne Zweifel zum großen Theil aus dem verarbeiteten Ammoniak herrührt, welches bekanntlich eine chemische Verbindung ist von Stickstoff und Wasserstoff. Die ganze Menge des aufgenommenen Ammoniaks, sowohl der in ihm enthaltene Wasserstoff als der Stickstoff, ist wahrscheinlich völlig zu der Bildung dieser Körper verwendet worden, während alle stickstofffreien Erzeugnisse des Gewächsreiches ihre Existenz der Verarbeitung einzig und allein der Bestandtheile der beiden anderen Nahrungsmittel der

Verwendung des Ammoniaks.

Pflanze, des Wassers und der Kohlensäure, verdanken. In den stickstoffhaltigen Producten ist jedoch das Ammoniak ebenso wenig als solches vorhanden, als in den stickstofffreien das Wasser fertig gebildet auftritt; hier wie dort sind nur die Bestandtheile jener Verbindungen zugegen, und auch das Ammoniak hat in der lebenden Pflanze erst eine Zersetzung erleiden müssen, ehe seine Bestandtheile zur Vermehrung der organischen Masse beitragen konnten. Das Ammoniak, die Kohlensäure und das Wasser werden also alle in dem vegetabilischen Organismus zerlegt und erst in dem Augenblicke, wo die elementaren Bestandtheile sich ausscheiden, haben diese die Fähigkeit, wahrscheinlich unter gleichzeitiger Einwirkung der mineralischen Nahrungsstoffe zu neuen eigenthümlichen Verbindungen zusammenzutreten; denn wir wissen auch aus vielen anderen Naturerscheinungen, daß die einfachen Stoffe dann die größte Verwandtschaft zu einander besitzen, bei weitem am meisten Neigung haben, sich gegenseitig zu neuen Gebilden zu verbinden, wenn sie im Momente ihres Freiwerdens aus einer vorher bestehenden festen, flüssigen oder gasförmigen Verbindung, gleichsam in einem weit concentrirteren Zustande und in weit innigerer Berührung sich befinden, als wenn sie schon frei, im verdünnteren und ausgedehnteren Zustande aus der nächsten und unmittelbaren Berührung herausgetreten sind, wo sie alsdann oftmals gar nicht mehr die Fähigkeit besitzen, mit einander zu neuen Verbindungen zusammen zu treten. Schon aus diesem Grund muß bei der Lehre von der Ernährung der Pflanze als unumstößlicher Grundsatz aufgestellt werden, daß die Nahrungsmittel, ehe sie die Erzeugung neuer Verbindungen veranlassen, vorher eine Zersetzung erleiden, und niemals als solche unmittelbar an der Zusammensetzung der neu entstandenen Producte Antheil haben.

Zerlegung desselben.

4. Vertheilung und Umwandlung der Mineralverbindungen in dem Organismus der Pflanze.

Es bleibt uns noch übrig, über die Bedeutung der mineralischen oder feuerfesten in den Organismus der Pflanze eingehenden Stoffe oder der nach dem Verbrennen der organischen Substanz zurückbleibenden Aschenbestandtheile für die Entwicklung und Ernährung der Pflanze überhaupt Einiges hinzuzufügen. Daß die Gegenwart der oben angegebenen Mineralstoffe in dem die Pflanzen ernährenden Boden, und

zwar in einem aufgelösten, mit der Feuchtigkeit zugleich von der Pflanze aufnehmbaren Zustande, eine absolute Bedingung für die vollständige Entwicklung der letzteren ist, ist in Folge zahlreicher, genau und sorgfältig ausgeführter Vegetationsversuche eine allgemein anerkannte Thatsache, welche keines neuen Beweises bedarf. Fehlt auch nur ein einziger der wesentlichen Bestandtheile, welche wir in der Asche einer bestimmten Pflanze vorfinden, in dem Boden vollständig, so kann diese und überhaupt keine höhere Pflanze auf diesem Boden zur völligen Ausbildung gelangen. Die verschiedenen Pflanzen nehmen alle dieselben Mineralstoffe in ihren Organismus auf, aber in sehr verschiedenen Quantitäten, so daß auch die gegenseitigen Mengenverhältnisse, in welchen die Stoffe in der Ackerkrume vorhanden sind, von wesentlicher Bedeutung sind für die mehr oder weniger üppige Entwicklung dieser oder jener Pflanze, indem die eine Pflanze in Folge dieser Mengenverhältnisse noch kräftig gedeiht, während eine andere kränkelt und verkümmert, weil derselben die vorhandenen Quantitäten an unorganischen Verbindungen nicht mehr zusagen.

Es sind in neuerer Zeit sehr viele Pflanzenaschen analysirt worden; leider aber haben wir bis jetzt noch fast gar keine Controle für die Richtigkeit dieser Untersuchungen; gewiß ist es, daß eine große Menge derselben entschieden falsch ist wegen Ungenauigkeit der analytischen Methoden, und wegen der geringen Sorgfalt, welche man oft sowohl auf das Sammeln und Scheiden des Materials, als auch auf die Ausführung der Analyse selbst verwandte. Nur von wenigen Pflanzen und Pflanzentheilen besitzen wir ganze Reihen von genau durchgeführten Aschenanalysen, welche wenigstens ein ziemlich genaues mittleres Resultat für die Zusammensetzung der betreffenden Pflanzenaschen geliefert haben. Die großen Abweichungen, die wir in der Zusammensetzung eines und desselben Pflanzentheiles den Analysen zufolge wahrnehmen, haben ihre Ursachen einmal in der Ungenauigkeit der Methoden, dann aber allerdings auch in einer wirklich vielfach verschiedenen Zusammensetzung der Asche selbst. Diese letztere nämlich ist die Folge von Boden- und klimatischen Verhältnissen, von durch die Cultur veranlaßten krankhaften Ausbildungen einzelner Theile und dadurch entstandenen Abarten von der ursprünglichen normalen Pflanze. Ich werde auf diesen Gegenstand sogleich unten wieder zurückkommen, hier theile ich zunächst einige Uebersichten der Aschenprocente mit und der einzelnen Aschenbestandtheile, wie sie aus den vorhandenen Analysen sich ergeben, welche

Unzuverlässigkeit der Aschenanalysen.

besonders hinsichtlich ihrer Genauigkeit unser Vertrauen verdienen. Diese Uebersichten sind in ziemlicher Ausführlichkeit gegeben worden, theils weil schon hier einige interessante Folgerungen aus denselben hervorgehen, theils aber auch, weil in späteren Abschnitten auf dieselben

Uebersicht der Aschenprocente.

wiederum verwiesen werden soll. Die zuerst aufgestellte Tabelle bezieht sich auf die Aschenprocente der bisher untersuchten Pflanzen und Pflanzentheile; die Kenntniß der Gesammtmenge der vorhandenen Asche muß von besonderer Wichtigkeit sein, weil nur hieraus die Quantitäten sich berechnen lassen, welche an gewissen Stoffen durch die einzelnen Pflanzen dem Boden entzogen werden. Es ist zu bedauern, daß nicht einmal von den allergewöhnlichsten Culturpflanzen eine hinreichende Anzahl von genauen Aschenbestimmungen vorliegen, um daraus ein genaues mittleres Resultat berechnen zu können; nur bei wenigen ist dieses möglich. Ich stelle hier die Aschenprocente nach den einzelnen Pflanzentheilen zusammen und in diesen verschiedenen Abtheilungen führe ich zuerst die Cerealien und übrigen Gräser auf, sodann die übrigen Culturpflanzen und endlich einige wildwachsende Vegetabilien.

1. Körner und Samen.

	Mittel.
Hafer, 4,14; 3,26; 3,17; 3,32; 3,37; 3,25; 3,56; 2,58; 2,66; 3,65	3,80
geschält, 1,81; 2,22; 2,14; 2,81; 2,28; 2,32; 2,22; 2,11; 1,61	2,06
Gerste, 2,70; 2,38; 2,04; 1,90; 4,13; 2,13; 2,50; 2,82; 2,38; 2,75	2,485
Weizen, 1,90; 2,40; 2,62; 1,46; 1,46; 2,75; 1,40; 1,35; 2,30; 1,65; 1,50; 1,80; 3,13	1,978
Roggen, 2,43; 3,17; 2,00; 0,9; 1,5	2,00
Hirse, 3,88; 3,33	3,605
Erbsen, 3,00; 2,1; 2,61; 3,25; 4,27; 3,40; 2,99; 3,19; 2,53; 2,27; 2,69; 3,11; 1,61; 3,34; 2,78; 3,01	2,884
Saubohnen	4,00
Weiße Bohnen	3,29

	Mittel.
Schminkbohnen	3,50
Linsen	2,06
Wicken	2,40
Buchweizen	2,13
Lein, 4,63; 4,22	4,425
Hanf	5,60
Raps, 3,36; 4,03; 4,44; 4,73; 5,19; 4,89; 4,90; 2,44; 4,87; 4,40; 4,79; 4,18	4,352
Leindotter	4,10
Weißer Senf	4,15
Schwarzer Senf	4,31
Mohn	7,00
Rothtanne	4,47
Kiefer	4,98
Roßkastanie, 3,36; 2,26	2,81
Trauben	2,76
Oliven	2,61

2. Stroh und Stengel.

Hafer, 5,46; 5,02; 7,29; 9,11; 8,76; 8,65; 5,10; 6,8; 7,18	7,24

	Mittel.
Gerste, 4,20; 4,90; 5,88	4,993
Weizen, 5,28; 3,78; 7,00; 4,51; 4,36; 5,39; 2,30; 4,01; 3,92; 5,71; 5,25; 5,18; 2,42	4,547
Winterroggen, 3,70; 5,14	4,42
Sommerroggen, 6,16; 4,72; 4,87	5,15
Mais, 6,50; 2,30; 4,82	3,605
Hirse	8,32
Erbsen, 3,43; 3,63; 3,93; 3,90; 6,80; 3,90; 6,59; 6,49; 3,91; 5,28; 7,57; 3,76; 3,38	4,813
Bohnen	3,47
Wicke, 5,10; 6,89	6,00
Linsen	5,38
Buchweizen	4,50
Topinambur, Stengel	4,40
Hopfen, Stengel und Ranken	3,74
Lein, 4,13; 3,64; 2,30; 4,09; 3,6; 4,54; 5,0; 5,43; 5,57	4,256
Hanf, 3,74; 4,54	4,14
Leindotter	6,05
Raps, 4,36; 6,01; 3,51; 3,72; 2,85; 4,28; 5,18; 3,98; 3,81	4,411

3. Ganze Pflanzen.

Kartoffelkraut, 15,60; 19,8	17,70
Spergel, 10,08; 10,04	10,06
Rother Klee	7,76
Weißer Klee	7,60
Luzerne	9,55
Esparsette	6,68
Spargel	6,68
Seekohl, alte Pflanze	16,74
„ junge Pflanze	9,95
Hopfen	9,87
Calmus	6,90
Englisch Raygras, 8,66; 11,46	10,06
Carex caespitosa	7,50
Eriophorum vaginatum	3,16
Aechte Kamille, 8,51; 9,61	9,06

	Mittel.
Feldkamille	9,66
Kornblume	7,32
Kornrade	13,20
Bärenklau	10,71
Kümmel	8,75
Wegerich, schmalblättr.	7,50
„ breitblättr.	8,26
Vogelklaue	7,50
Schöllkraut	6,85
Hopfenklee	5,79
Steinpimpinelle	5,38
Wiesenpimpinelle	5,00
Schotenklee, gehörnter	6,40
„ Sumpf„	2,00
Hopfenklee	5,79
Wiesenplatterbse	4,68
Hufeisenklee	3,93
Vogelknöterich	3,82
Heidekraut, junges	1,96

4. Blätter.

Runkelrüben, 21,50; 19,1	20,30
Turnips	9,39
Topinambur	28,30
Weißkraut	11,62
Hanf	22,00
Hopfen	13,60
Tabak, 18,9; 22,2; 24,5; 19,8; 23,0; 21,1; 23,28; 23,28; 22,83; 27,36	22,625
Rother Fingerhut	10,89
Schierling	12,80
Spinat	19,76
Möhre	21,30
Pappeln	23,00
Rothbuche	6,00
Eiche	9,80
Weißbuche	10,51
Ulme	16,33
Roßkastanie, junge	9,08
Ahorn	28,05
Esche	14,76
Acazie	18,20
Oliven	6,45

	Mittel.
Tannennadeln	2,31
Fichtennadeln	6,25

5. Wurzeln und Knollen.

Kartoffeln, 4,82; 3,63; 4,36; 3,46; 3,98; 4,86	4,168
Topinambur, 6,00; 5,9; 4,24 .	5,38
Runkelrübe, 10,0; 8,5; 6,3 . .	8,27
Weiße Rübe, Turnips, 7,41; 7,00	7,205
Rutabaga	7,34
Kohlrübe	4,08
Möhre	5,12
Klee	12,60
Krapp, 8,25; 8,42	8,33

6. Hölzer.

	Mittel.
Buche	0,38
Apfelbaum	1,29
Vogelkirsche	0,28
Birke	1,00
Eiche	2,50
Wallnuß	1,57
Linde	5,00
Roßkastanie, junge	1,05
Olive	0,58
Weinrebe, 2,52; 2,25; 2,84; 2,69	2,575
Lärche	0,32
Tanne	0,33
Kiefer, 0,14; 0,19	0,17

7. Rinden.

Buche	6,62
Vogelkirsche	10,37
Eiche	6,00
Roßkastanie, junge	7,85
Tanne	1,79

Es ergeben sich nun schon aus der mitgetheilten Uebersicht recht deutlich einige interessante Resultate hinsichtlich der absoluten Aschenquantitäten in den verschiedenen Pflanzen, so wie hinsichtlich deren Vertheilung in den einzelnen Organen der Gewächse. Zuerst sieht man, daß der Aschengehalt in den Körnern unserer 4 wichtigsten Getreidearten genau übereinstimmt und = 2 Proc. ist, wobei natürlich der Hafer und die Gerste im geschälten Zustande angenommen werden müssen. In den Samen der Erbsen und Bohnen steigt dieser Gehalt im Durchschnitt auf 3 Proc., in den Bohnen, wie es scheint, noch etwas höher, in den Wicken und Linsen dagegen nicht ganz so hoch; die aus den angegebenen Resultaten berechnete Durchschnittszahl für sämmtliche Hülsenfrüchte wird = 3,022, also genau = 3 Proc. Fast ebenso genau ist der Procentgehalt der Asche bei den Samen der Oelfrüchte = 4, mit alleiniger Ausnahme des Mohns, für welchen jedoch noch weitere Aschenbestimmungen erst sichere Anhaltepunkte geben können. Für andere Pflanzen und Pflanzenfamilien liegen noch nicht hinreichende Untersuchungen vor, um auch für diese schon den Procentgehalt an Asche in runder Zahl feststellen zu können. Die Aschenprocente in dem Stroh unserer Cerealien zeigen nicht gleiche Uebereinstimmung, wie dieses bei den Körnern der Fall ist; im Allgemeinen sind dieselben im Winterweizen und Winterroggen fast genau = 4,5, dagegen bei den

Aschengehalt der Körner.

Des Strohes der Culturpflanzen.

Sommerhalmfrüchten etwas höher, bei der Gerste und dem Sommerroggen = 5 und bei dem Hafer sogar = 7, im Mittel von vielen unter sich freilich sehr abweichenden Bestimmungen. Die Hülsenfrüchte haben einen mittleren Aschengehalt = 4,916, also nahe = 5, und die Oelfrüchte = 4,714 oder, wenn man von dem Leindotterstroh absieht, nahe = 4,5. In runden Zahlen erhält man also für diese drei Classen von wichtigen ökonomischen Pflanzen folgende Zahlen:

Aschengehalt in 100 der getrockneten Substanz:

	Körner.	Stroh.
Cerealien . . .	2	5,25
Hülsenfrüchte . .	3	5,00
Oelfrüchte . . .	4	4,50

Im Allgemeinen ist der Aschengehalt bei allen unter Nr. 2 angeführten Stroharten nahe übereinstimmend und als Mittel sämmtlicher Zahlen findet man 4,969, also 5 Proc.

Die durch Verbrennen ganzer Pflanzen gefundenen Aschenprocente gestatten weniger allgemeine Folgerungen, schon aus dem Grunde, weil hier bei einer und derselben Pflanze sehr verschiedene Zahlen sich ergeben müssen, je nachdem die untersuchten Gewächse reicher oder weniger reich an Blättern, Blüthen u. s. w. waren und je nach ihrem verschiedenen Alter. Jedoch bemerkt man, daß im Ganzen die Pflanzen mehr Asche hinterlassen als die Stengel und Samen für sich allein, und ferner, daß fast durchgängig die Pflanzen, welche einen gedüngten Ackerboden oder überhaupt einen an auflöslichen Mineralsalzen reichen Boden lieben, auch eine besonders große Menge an Aschenbestandtheilen in sich aufgenommen haben. Nach verschiedenen Pflanzenfamilien läßt sich jedoch bis jetzt keine bestimmte Reihenfolge hinsichtlich der Aschenprocente feststellen. Aschengehalt ganzer Pflanzen.

Die Blätter enthalten offenbar von allen Pflanzentheilen durchgängig die größte Quantität Asche, zuweilen bis $1/4$ des ganzen Gewichtes der trocknen vegetabilischen Substanz, so bei den Topinamburs, dem Tabak, Hanf, Spinat, den Pappeln, dem Ahorn und der Acazie. Die Blätter der krautartigen Pflanzen sind in der Regel um das Doppelte reicher an Asche, als die Holzgewächse und unter diesen wieder die Blätter der Laubhölzer wenigstens doppelt so reich als die der Nadelhölzer. Das Holz der ausdauernden Gewächse ist unter allen Pflanzentheilen entschieden am ärmsten an Mineralstoffen und hier Der Blätter.

wiederum das der Nadelhölzer viel ärmer als das der Laubhölzer. Dagegen nimmt der Aschengehalt in der Rinde wiederum bedeutend zu, bei den Nadelhölzern jedoch, wie es scheint, ebenfalls lange nicht in dem Grade wie bei den Laubhölzern.

Aschengehalt der Wurzeln. Die Wurzeln der krautartigen Pflanzen verhalten sich hinsichtlich der Aschenprocente ähnlich den Stengeln, sie führen in der völlig wasserfreien Substanz ebenso viel oder auch etwas weniger Mineralstoffe als die Stengel; die Kartoffeln und Topinamburs etwa 4 bis 5, die Rüben dagegen 6 bis 8 Proc.

Aus allen in der Tabelle aufgeführten Zahlen kann man die Durchschnittsverhältnisse für die Hauptheile der Pflanzen folgendermaßen wenigstens annähernd genau hinstellen:

Ein- und zweijährige Pflanzen.		Ausdauernde Pflanzen.	
Samen . . .	3 Proc.	Samen . . .	3 Proc.
Stengel . . .	5 „	Holz	1 „
Wurzeln . . .	4 „	Rinde . . .	7 „
Blätter . . .	15 „	Blätter . . .	10 „

Verschiedener Theile derselben Pflanze. Ungleich interessanter in physiologischer Hinsicht, als die so eben mitgetheilten Untersuchungen und Betrachtungen sind die Resultate, welche sich aus der Aschenbestimmung der verschiedenen Theile an einer und derselben Pflanze ergeben haben. Ich gebe in dem Folgenden eine Uebersicht der Aschenprocente der verschiedenen Theile zweier Pflanzen, von denen die eine den einjährigen, die andere aber den perennirenden Gewächsen angehört. Die folgenden Angaben entnehme ich aus einer von Norton ausgeführten umfassenden Untersuchung über die Aschenbestandtheile des Hafers, und stelle hier die Resultate zusammen, wie sie sich bei der Analyse verschiedener Varietäten des Hafers ergeben haben:

	Hopetonhafer von Northumberld.	Hopetonhafer von Fife.	Kartoffelhafer von Northumberld.	Brauner Hafer von Edinburg.	Sandhafer von Fife.	Mittel.
Körner . .	2,14	1,81	2,22	2,11	1,76	2,00
Schalen . .	6,47	6,03	6,99	8,24	6,03	6,75
Spreu . .	16,53	17,23	15,59	19,16	18,97	16,09
Blätter . .	8,44	7,19	14,59	10,29	15,92	10,88
Oberes Stroh	4,95	5,44	9,22	8,25	11,01	7,77
Mittl. Stroh	6,11	5,23	7,41	6,53	9,01	6,66
Unteres Stroh	5,33	5,18	9,76	7,11	7,30	6,93

Man sieht, daß die Aschenmengen bei verschiedenen Varietäten derselben Pflanze nicht unbedeutenden Schwankungen unterliegen, jedoch bleibt das gegenseitige Verhältniß in den einzelnen Pflanzentheilen ziemlich gleich und man kann aus diesen Untersuchungen entnehmen, daß die Aschenprocente in der Haferpflanze für die einzelnen Theile derselben in runden Zahlen folgendermaßen sich verhalten: Stroh = 7; Blätter = 11; Spreu = 16; Schalen = 7 und Körner = 2. Es ist wahrscheinlich, daß auch bei den übrigen Gräsern die betreffenden Verhältnisse sich ähnlich herausstellen werden.

Bei dem Roßkastanienbaum habe ich die einzelnen Theile hinsichtlich ihrer Mineralbestandtheile einer genauen Prüfung unterworfen und zwar in der Art, daß sämmtliche vegetabilische Substanzen von demselben Baume und also demselben Standort entnommen wurden. Die Aschenprocente waren die folgenden:

Rinde, junge . .	7,85 Proc,	Staubfäden . .	6,56 Proc.
Holz, junges . .	1,05 „	Blumenblätter .	6,10 „
Blätter, junge .	9,08 „	Unreife Früchte .	4,39 „
Blattstengel . .	13,87 „	Reife Früchte	
Blüthenstengel .	11,36 „	Kern	3,36 „
Kelchtheile . .	6,65 „	Grüne Schale .	7,29 „
		Braune Schale	2,20 „

Auch hier bemerkt man, ähnlich wie bei den einjährigen Gewächsen, daß der Gehalt an Mineralstoffen vom Stamm oder Stengel aus nach den Blättern und Blüthen hin bedeutend zunimmt, in den Früchten dagegen wiederum zurücktritt, weil hier eine große Menge organischer Substanz sich erzeugt. Weitere Untersuchungen ähnlicher Art werden jedenfalls interessante Aufschlüsse geben über die vielleicht einfachen Gesetze, nach welchen die Mineralstoffe in den verschiedenen Pflanzen und deren verschiedenen Organen sich vertheilen.

Gleichwie die verschiedenen Pflanzentheile zu einer und derselben Periode der Vegetation sehr von einander abweichende Aschenmengen enthalten, so findet man auch in einem und demselben Theile der Pflanze bedeutende Schwankungen in dem Aschengehalte je nach der Periode der Entwicklung der ganzen Pflanze. Norton hat auch hierüber ausführliche Untersuchungen bei der Haferpflanze angestellt. Die Pflanzen waren am 4 Juni, an welchem Tage sie zuerst eingeäschert wurden, Derselben Theile in verschiedenen Vegetationsperioden.

4—6 Zoll hoch und bestanden nur aus einem Blatte und dem Ansatze des Stengels:

	Blätter.	Stengel.	Knoten der Halme.	Spreu.	Körner ungeschält.
Am 4. Juni	10,83	10,49	„	„	„
„ 11. „	10,79	9,88	„	„	„
„ 18. „	9,07	9,32	„	„	„
„ 25. „	10,95	9,17	„	„	„
„ 2. Juli	11,35	7,83	„	„	4,91
„ 9. „	12,20	7,80	„	„	4,36
„ 16. „	12,61	7,94	„	6,00	3,38
„ 23. „	16,45	7,99	10,02	9,11	3,62
„ 30. „	16,44	7,45	9,60	12,28	4,22
„ 6. Aug.	16,05	7,63	10,44	13,75	4,31
„ 13. „	20,47	6,62	10,48	18,68	4,07
„ 20. „	21,14	6,66	11,79	21,07	3,64
„ 27. „	22,13	7,71	11,27	22,46	3,51
„ 3. Sept.	20,90	8,35	10,70	27,47	3,65

Die hier untersuchte Haferart ist in allen ihren Theilen besonders reich an Mineralstoffen; die gefundenen Verhältnisse müssen aber dieselben sein auch bei den anderen Hafersorten und überhaupt bei den Gräsern, ja ganz ähnlich auch bei allen einjährigen Pflanzen. Man bemerkt, daß der Aschengehalt der Blätter regelmäßig und sehr bedeutend zunimmt mit der Entwicklung der Pflanze, nur zur Zeit der Reife zeigt sich wieder eine kleine Verminderung. Bei den Halmen findet das umgekehrte Verhältniß statt, es vermindert sich die Aschenmenge mit dem Fortschreiten der Vegetation, jedoch tritt gegen die Zeit der Reife wieder eine Vermehrung der Aschenprocente auf. Die Aschenmenge in den Knoten der Halme ist deutlich größer als in dem Stroh, aber keinen bedeutenden Schwankungen unterworfen. Am Auffallendsten ist die regelmäßige Zunahme des Aschengehaltes in der Spreu oder den Spelzen, während dagegen in den Körnern mit der Annäherung der Reife eine Verminderung der Aschenquantität, jedoch nicht sehr bedeutend eintritt. Die Schale nämlich wird zuerst ausgebildet und diese enthält wenigstens dreimal so viel Asche, als das Korn, so daß also, wenn dieses sich ausbildet, der Aschengehalt abnehmen muß. Man bemerkt also, daß die Aschenbestandtheile fortwährend von dem Stengel in die Blätter und Samen-

theile übergehen, und daß daher auch während der ganzen Dauer der Vegetation stets neue Mineralstoffe dem Boden durch die Wurzeln entzogen werden müssen, indem der Aschengehalt der Stengel nicht bedeutend abnimmt. Dies ergiebt sich ebenfalls aus den Untersuchungen Boussingault's für die Weizenpflanze, indem diese, den Beobachtungen zufolge, auf der Fläche einer Hectare an Mineralsubstanzen:

vom 1. März bis zum 19. Mai	täglich im Durchschnitt	0,28 Kilogr.
vom 19. Mai bis zum 9. Juni	" " "	1,92 "
vom 9. Juni bis zum 15. August	" " "	2,16 "
also während der ganzen Vegetation	" " "	1,18 "

dem Erdboden entzieht.

Hinsichtlich der Aschenprocente des Holzes und der Rinde vom Roßkastanienbaume theile ich noch folgende Bestimmungen mit, welche theils von Staffel, theils von mir ausgeführt worden sind:

Blüthenstengel	Grüne Frühjahrstriebe.	Holzsubstanz d. grünen Triebe.	Junges Holz im Herbst.	Vorjähriges Holz im Frühj.	Rinde d. grünen Triebe.	Junge Rinde im Herbst.	Vorjährige Rinde im Frühj.
11,4	9,9	10,9	3,4	1,1	8,7	6,6	7,9

Der Aschengehalt des Holzes nimmt bei seiner weiteren Entwicklung fortwährend ab, im noch älteren Holze ist derselbe noch geringer und sinkt bis unter $1/2$ Proc., natürlich aus dem einfachen Grunde, weil der das Holz durchdringende Pflanzensaft die hier noch zurückgehaltenen Mineralstoffe auflöst und in die oberen grünen sehr saftigen jungen Triebe überführt. In der Rinde findet zuerst eine Abnahme im Aschengehalte statt, später jedoch wiederum eine Zunahme aus Ursachen, welche weiter unten, wo wir die hier eintretenden Veränderungen in den quantitativen Verhältnissen der einzelnen Bestandtheile werden kennen lernen, sich klar ergeben werden.

Es wurde oben schon erwähnt, daß die verschiedenen Varietäten derselben Pflanze oft auch verschiedene Aschenmengen zeigen, wenn sie auch auf demselben Boden angebaut worden sind. So zeigte es sich bei den verschiedenen Sorten des Hafers, in allen Theilen der Pflanze und dieselbe Thatsache ergiebt sich auch für die Weizenkörner aus folgenden von Way mitgetheilten Aschenbestimmungen: Aschengehalt verschiedener Varietäten derselben Pflanze.

Varietäten.	Boden, auf welchem sie gewachsen.	Asche ungeschält.
Hopeton-Weizen	Steingerölle . . .	1,81
" "	Kalkgerölle und Thon .	1,51
Spalding . .	Kalkboden	1,81

Varietäten.	Boden, auf welchem sie gewachsen.	Asche in 100 Th.
Hopeton . .	Kalkboden	1,48
Creeping-Weizen	Thon und Sand . .	1,73
" "	" " " . .	1,65
" "	Kalkgerölle	1,71
Red-Straw White	Lehm (Grünsand) . .	1,70
Hopeton . .	Lehm	1,56
" . .	Feuerstein und Kalk .	1,63
Französ. Weizen	" " " .	1,55
Egyptischer " .	" " " .	1,97
Odessa . . .	" " " .	1,50
Marianopel .	" " " .	1,70
Hopeton .	Kieselsand	1,61
"	Zäher Thon	1,63
"	Sand	1,71
"	Thon	1,69
" . . .	Kieselsand	1,76

Aschengehalt derselben Varietät auf verschiedenen Bodenarten.

Diese Zahlenverhältnisse beweisen ferner, daß dieselbe Varietät auf verschiedenen Bodenarten gebaut, abweichende Mengen an Mineralstoffen in sich aufnehmen kann; dasselbe ersieht man aus den folgenden Verhältnissen bei dem Hafer:

	Hopeton-Hafer.				Kartoffelh.	Braun. H.	Sandhafer.
	Leichter Lehmb.	Armer Moorb.	Kalkarmer Bod.	Verbess. Moorb.	Leichter Sandb.	Guter Lehmb.	Sandiger Lehmb.
Körner	2,14	2,81	2,28	2,32	2,22	2,11	1,61
Schalen	6,47	5,27	6,49	7,11	6,99	8,24	8,03

Auch in den Früchten der Roßkastanie fand ich auf einem trocknen, aber an auflöslichen Mineralstoffen sehr reichen Porphyrboden einen bedeutend höheren Aschengehalt, als auf einem sehr feuchten und humosen Waldboden, nämlich folgende Verhältnisse:

	Kernsubstanz.	Grüne Schale.	Braune Schale.
Porphyrboden:	3,36 Prc.	7,29 Prc.	2,20 Prc.
Waldboden:	2,26 "	4,53 "	1,70 "

Es ist bemerkenswerth, daß die gegenseitigen Verhältnisse in allen drei Theilen der Frucht dieselben geblieben sind, und daß also der Aschengehalt überall gleichmäßig gestiegen oder gefallen ist.

Weit mehr noch, als allein nach den Bodenverhältnissen sehen wir die Aschenmengen variiren nach dem jedesmaligen Düngungszustande des Bodens und besonders je nachdem derselbe ein Uebermaaß von leicht auflöslichen alkalischen Salzen enthält oder daran Mangel leidet, ein Verhalten, worauf wir gleich unten bei der Betrachtung der einzelnen Aschenbestandtheile näher eingehen werden.

Mengenverhältnisse der Aschenbestandtheile.

Der Mineralsubstanzen, welche in die Pflanze eingehen, sind im Ganzen nur wenige und zwar diejenigen, welche besonders allgemein in der Natur verbreitet vorkommen, nämlich die Salze der Alkalien und der alkalischen Erden. In allen Pflanzen treten dieselben Aschenbestandtheile auf, aber in sehr verschiedenen Mengenverhältnissen. Ich gebe hier eine kurze Uebersicht der Bestandtheile, wie sie nach neueren, im Ganzen zuverlässigen Untersuchungen in den gewöhnlichen Culturpflanzen und in einigen anderen bei uns wildwachsenden Pflanzen aufgefunden worden sind, wobei ich nur bemerke, daß in den betreffenden Analysen durchgängig die gefundene Kohlensäure in Abzug gebracht worden ist. Freilich wird dadurch eine Unrichtigkeit in den Angaben der absoluten quantitativen Verhältnisse der Aschenbestandtheile veranlaßt; da jedoch die Reduction auf alle Pflanzen und deren Theile sich bezieht, so bleiben die gefundenen Zahlen wenigstens unter sich vergleichbar. Wollte man die Kohlensäure in Rechnung bringen, wie sie in den Analysen auf directem Wege bei einer und derselben Pflanzenasche bald in größerer, bald in geringerer Menge gefunden worden ist, je nachdem die Asche bei höherer oder niedrigerer Temperatur dargestellt wurde, so würde man offenbar in noch größere Irrthümer gerathen und die gefundenen Resultate unter sich weniger vergleichbar sein. Die Menge der Kohlensäure kann genau nur durch Rechnung gefunden werden, indem die basischen Mineralstoffe, welche nicht an Schwefelsäure, Chlor und Phosphorsäure gebunden sind, mit Kohlensäure vereinigt vorhanden sein müssen.

	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Chlor.	Schwefelsäure.	Phosphorsäure.	Kieselsäure.
Haferkörner	13,5	=	3,9	8,1	0,5	1,0	15,6	56,0
Geschält	31,6	=	5,3	8,9	0,2	=	49,2	1,8
Haferstroh	26,0	4,7	8,8	3,0	5,0	4,3	3,2	42,9
Gerste	20,9	=	1,7	6,9	=	=	34,5	29,1
Gerstenstroh	26,2	3,4	7,1	1,9	=	3,9	4,0	53,5

	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Chlor.	Schwefelsäure.	Phosphorsäure.	Kieselsäure.
Roggen	33,5	⸗	3,1	11,4	⸗	0,5	47,4	2,3
Roggenstroh	19,5	⸗	5,0	1,6	⸗	2,3	2,6	66,5
Weizen	30,1	⸗	3,0	14,3	⸗	1,0	48,3	1,3
Weizenstroh	15,5	3,2	4,5	1,0	⸗	1,2	4,1	70,5
Erbsen	43,5	1,4	5,6	8,3	1,5	1,8	39,5	0,5
Erbsenstroh	30,0	2,5	35,4	8,6	5,4	5,2	8,8	4,4
Saubohne	47,4	⸗	5,4	9,0	0,7	1,7	35,8	⸗
Bohnenstroh	28,6		36,3	7,1	0,3	2,1	12,1	11,3
Wicken	41,9		4,8	8,6	1,2	4,2	38,5	⸗
Linsen	48,2		6,3	2,5	4,6	⸗	36,3	⸗
Buchweizen	28,9		6,7	10,4	⸗	2,2	50,2	0,7
Buchweizenstroh	40,8	2,4	19,1	3,0	6,2	3,8	10,7	5,1
Rother Klee	35,5	0,7	32,8	8,4	3,5	3,3	8,4	7,0
Weißer Klee	18,0	6,1	31,3	9,0	4,4	8,3	12,8	5,5
Spergelheu	34,3	5,5	18,0	12,2	7,6	3,2	13,8	1,3
Raps	25,3	0,5	15,3	12,6	⸗	0,8	45,7	1,2
Rapsstroh	34,7	3,8	28,0	6,9	6,4	6,3	7,5	4,8
Senfsamen	12,7	5,1	17,3	14,4	1,5	7,2	37,4	2,8
Leinsamen	28,4	1,7	8,4	13,4	0,1	0,1	44,0	0,3
Leinstengel	37,9	4,0	22,3	6,0	3,8	6,6	12,7	2,7
Hanfsamen	18,6	0,9	20,3	10,3	0,1	0,3	37,6	9,7
Hanfstengel	15,7	5,4	44,8	7,6	5,0	4,1	7,2	8,1
Kartoffeln	60,0	⸗	2,1	6,3	2,5	7,5	14,5	6,5
Topinambur	55,1	⸗	2,8	2,2	2,0	2,7	13,3	16,0
Topinambur-Stengel	48,0	3,3	28,7	2,5	3,1	3,9	3,8	1,9
Topinambur-Blätter	9,0	5,5	54,8	2,8	1,5	2,8	1,2	21,8
Runkelrübe	40,5	16,4	6,2	4,3	11,8	3,5	6,4	7,5
Blätter	34,1	11,3	10,5	8,8	13,4	5,1	7,3	8,0
Weiße Rübe	38,5	12,4	11,3	3,1	6,2	14,7	11,2	2,0
Blätter	37,1	4,0	32,1	9,4	1,6	5,0	2,0	7,7
Kohlrübe	26,5	18,8	13,3	3,7	4,5	17,8	10,5	3,1
Blätter	12,5	18,5	30,4	3,0	7,4	11,2	5,3	9,5
Möhren	38,7	18,8	10,2	4,9	4,8	7,7	10,3	1,3
Blätter	8,8	19,1	40,5	3,6	9,3	7,5	2,4	5,7
Weißkraut	52,3	⸗	12,7	3,8	5,3	8,3	16,5	0,4
Taback	23,8	3,0	36,6	10,7	5,4	3,1	4,0	10,5
Krappwurzeln	27,5	8,8	30,2	3,8	13,7	2,2	4,8	5,5
Hopfenblätter	14,6	4,5	49,9	2,4	5,5	5,1	3,6	12,2
Hopfenstengel	28,8	2,9	38,7	4,7	8,6	3,5	6,9	6,1
Kornblume	49,8	⸗	18,6	5,5	8,3	3,2	9,2	4,0

	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Chlor.	Schwefelsäure.	Phosphorsäure.	Kieselsäure.
Feldkamille	40,0	=	19,2	4,4	5,1	5,5	11,9	8,2
Aechte Kamille	45,0	=	19,7	5,7	10,2	5,2	10,7	1,8
Schöllkraut	40,3	=	27,4	5,9	2,4	2,6	17,6	1,6
Kornrade	32,9	=	37,0	7,8	5,6	3,0	9,5	3,0
Weinrebe	44,2	3,4	36,0	4,8	0,8	1,8	7,1	1,2
Traubenmost	71,8	1,2	3,4	4,0	0,6	3,7	14,1	1,2
Traubenschalen	41,5	2,1	20,3	6,0	0,6	3,5	19,6	3,5
Traubenkerne	27,8	=	32,2	8,5	0,3	2,4	27,0	1,0
Olivenholz	20,5	=	60,8	2,3	0,5	2,8	5,0	3,4
Olivenblätter	24,5	=	55,7	5,2	1,3	2,7	3,5	4,3
Olivenfrüchte	57,2	=	15,6	4,3	5,0	1,3	7,2	5,7
Eichenholz	8,4	5,6	75,5	4,5	•	1,2	3,5	0,8
Eichelsamen	64,6	0,4	6,8	5,6	0,6	2,8	17,1	1,0
Lindenholz	35,8	5,8	29,9	4,2	0,8	5,3	4,9	5,3
Lindenrinde	16,2	5,3	60,8	8,0	1,3	0,8	4,0	2,3
Ulmenholz	21,9	13,7	47,8	7,7	=	1,3	3,8	3,1
Ulmenrinde	2,2	10,1	72,7	3,2	=	0,6	1,9	8,8
Kiefernholz	10,5	9,8	46,3	13,5	0,7	3,0	4,5	8,4
Kiefernsamen	22,4	1,3	1,9	15,1	=	=	45,9	10,4
Lärchenholz	15,3	7,7	27,1	24,5	0,6	1,7	3,6	3,6
Tannensamen	21,8	7,0	1,5	16,8	0,4	=	39,6	11,7

Aus dieser übersichtlichen Zusammenstellung der Aschenbestandtheile in den verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen ergeben sich folgende Thatsachen:

Quantitatives Verhalten des Natron.

Das Natron ist offenbar eine sehr unwesentliche Mineralsubstanz für die Mehrzahl aller Pflanzen; es findet sich entweder gar nicht vor oder tritt doch nur in verhältnißmäßig sehr geringer Quantität auf. Die großen Natronmengen, welche in früheren Aschenanalysen oft gefunden wurden, sind in der Wirklichkeit nicht vorhanden, sondern waren nur die Folge einer mangelhaften Methode der Bestimmung der Alkalien, wie sich durch neuere Untersuchungen auf das Entschiedenste herausgestellt hat. Nur bei den rübenartigen und einigen anderen Gewächsen, welche im wilden Zustande wahre Natronpflanzen sind, findet sich dieser Mineralstoff in größerer Menge vor, sowohl in den Rüben selbst wie in den Blättern. Aber auch hier kann offenbar der Natrongehalt durch eine längere Cultur sehr vermindert werden und scheint sogar nicht selten völlig zu verschwinden und durch Kali ersetzt zu werden und zwar unter

Bodenverhältnissen, die keineswegs einen Mangel an Natron voraussetzen lassen, sondern im Gegentheil an dieser Substanz oft mehr enthalten als an Kali, so daß hieraus hervorgeht, daß alle Pflanzen ohne Ausnahme ein sehr vorherrschendes Streben haben, Kali in sich aufzunehmen und dieses selbst dann thun, wenn sie auch Natron in größerer Quantität im Boden vorfinden; selbst, wenn sie im wildwachsenden Zustande wahre Sodapflanzen sind, so werden sie dennoch durch die Cultur in Kalipflanzen verwandelt, während hierbei die Ueppigkeit ihres Wachsthums im hohen Grade zunimmt. Als Beispiele mögen hier zwei Analysen der Spargelpflanze dienen, welche von John Herapath ausgeführt worden sind; außerdem theile ich hier zwei Analysen von Runkelrübenaschen mit, die kalireiche nach Boussingault, die natronreiche nach Way:

	Spargelpflanze		Runkelrübe	
	wilder	cultivirte	1.	2.
Kali	18,8	50,5	48,9	30,1
Natron	16,2	Spur	7,6	34,2
Kalk	28,1	21,3	8,8	3,1
Magnesia	1,5	"	5,5	3,2
Chlor	16,5	8,3	6,5	18,5
Schwefelsäure	9,2	4,5	2,0	3,8
Phosphorsäure	12,8	12,4	7,6	3,5
Kieselsäure	1,0	3,7	10,0	3,0

Wenn wir aber auch das Natron wirklich als einen wesentlichen Nahrungsstoff für die rübenartigen Gewächse betrachten, so ist dieses doch für alle anderen Cultur- und fast alle wildwachsenden Pflanzen durchaus nicht zuläßig. Wir können deshalb hier von den geringen Natronmengen, welche überall in der Natur das Kali begleiten, ganz absehen und die Gesammtmenge der Alkalien überhaupt ins Auge fassen. Hierbei ergiebt sich nun, daß die Menge der Alkalien in allen Pflanzen und in allen Theilen derselben sehr bedeutend ist: für die Cerealien beträgt dieselbe in der Strohasche durchschnittlich 20 Proc., in der Körnerasche 30 Proc., für die Hülsenfrüchte dagegen in den Körnern 45, im Stroh 30 Proc., in den Futtergewächsen, wie in dem Klee, Spergel und Buchweizenstroh, ungefähr 35 Proc., bei den Oelfrüchten im Samen etwa 25 und im Stroh 40 Proc.; in den Knollengewächsen steigt der Alkaligehalt am höchsten, bei den Rüben auf 50 Proc., bei den Kartoffeln

Quantitatives Verhalten der Alkalien überhaupt.

und Topinamburs auf 60 Proc., während die Blätter der ersteren ebenfalls fast 40 Proc. Alkalien in ihrer Asche enthalten und weit reicher an diesem Bestandtheil sind, als die Blätter der Kartoffeln und Topinambur, welche nur etwa 15 Proc. enthalten. Bedenkt man, daß das Gewicht des Krautes bei den Kartoffeln im Verhältniß zu dem Gewichte der Knollen nicht sehr beträchtlich ist, und ferner daß die Topinamburstengel ebenfalls sehr reich an Kali (über 50 Proc.) sind, so kann man sehr wohl, den Analysen zufolge, den Gehalt an Alkalien bei allen Hackfrüchten (Wurzeln und Kraut zusammengenommen), wohin dann auch die Kohlarten zu rechnen sind, auf 40 bis 50 Proc. in der kohlensäurefreien Asche annehmen. Auch der Tabak, der Hopfen und die in der Tabelle aufgeführten Ackerunkräuter enthalten ziemlich viel Kali, nämlich im Durchschnitt 35 bis 40 Proc. In den perennirenden Gewächsen ist das Kali offenbar in dem älteren Holze und in den älteren Blättern in geringster Menge, etwa bis zu 20—25 Proc. vorhanden, dagegen steigt sein Gehalt in dem jungen einjährigen Holze und bedeutend in den neuen grünen Trieben, von wo aus es sich allmählig in die Früchte und Samen hinzieht. Die ausdauernden Gewächse, welche sehr saftige Früchte tragen, enthalten in allen ihren Theilen am meisten Kali in dem Fruchtsafte, selbst bis zu 70 Proc.; in den trocknen, aber stärkemehlreichen Früchten der Eicheln und Kastanien sind noch über 60 Proc. Kali zugegen, in den kleinen Samenkörnern der Laubhölzer meistens gegen 30 und in den Samen der Nadelhölzer endlich nur 20 Proc. Alkali. Wir haben also folgende Vertheilung der Alkalien in den verschiedenen Pflanzen und deren Haupttheilen:

Getreidearten, Stroh	20	Proc.	Knollen	60	Proc.
Körner	30	„	Blätter rc. . .	25	„
Hülsenfrüchte, Stroh	30	„	Rüben	50	„
„ Körner	45	„	Blätter . . .	40	„
Futtergewächse, Klee rc.	35	„	Weißkraut . . .	50	„
Oelfrüchte, Stroh .	40	„	Beerenfrüchte . .	65	„
„ Körner .	25	„	Mehlreiche Früchte	50	„
			Kleine Samenkörner		
			der Laubhölzer	30	„
			der Nadelhölzer	20	„

Von den alkalischen Erden tritt die Magnesia in verhältnißmäßig nur geringer Menge in die Zusammensetzung der Pflanzenaschen Der Magnesia.

ein; mit großer Beständigkeit findet man sie aber in relativ größter Quantität in den Samenaschen angehäuft und hier wenigstens bei den gewöhnlichen Culturpflanzen stets etwa 10 Proc. der ganzen Asche bildend, und zwar bei den Cerealien und Oelfrüchten entschieden diese Zahl etwas übersteigend, bis zu reichlich 12 Proc., dagegen in den Samenaschen der Hülsenfrüchte in etwas geringerer Quantität, 8—9 Proc. vorhanden. In den letzteren aber enthalten auch die übrigen Pflanzentheile eine fast gleiche Menge, so auch der Klee und Spergel, während in dem Stroh der Oelfrüchte der Gehalt im Mittel nur reichlich 5 Proc. beträgt und in allen übrigen Pflanzen und Pflanzentheilen zwischen 2 und 5 Proc. variirt, mit Ausnahme jedoch der Tabak- und zum Theil auch der Rübenblätter, in deren Asche die Magnesia wiederum bis auf 10 Proc. sich erhebt. Auffallend endlich ist die Menge Magnesia (15 bis 25 Proc.) in der Holz- und Samenasche der Nadelhölzer.

Quantitatives Verhalten der Kalkerde. Die Kalkerde findet sich gewöhnlich in weit größerer Menge in den Pflanzenaschen vor als die Magnesia. Auch der Kalk ist in den Aschen der verschiedenen Pflanzen sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen. Die geringsten Mengen an Kalk enthalten die Gräser oder unsere Getreidepflanzen; man bemerkt hier in der Körnerasche durchschnittlich nur 3 Proc., in dem Stroh der Winterhalmfrüchte 5 und in dem Stroh der Sommerhalmfrüchte 7 bis 9 Proc. Die Hülsenfrüchte oder Blattfüchte enthalten in ihrer Samenasche ebenfalls nur wenig Kalk, etwa 5 Proc., dagegen ist die Strohasche bei diesen Pflanzen sehr reich an Kalk, indem nämlich 33 bis 35 Proc. zugegen sind. In den Wurzelknollen der Hackfrüchte sinkt der Kalkgehalt, namentlich bei den Kartoffeln und Topinamburs sehr tief, bis auf 2 Proc., während er in den Rüben noch zwischen 6 und 12 Proc. ausmacht; dagegen ist aber auch das Kraut der zuerst genannten Hackfrüchte sehr reich an Kalk (30 bis 50 Proc.), das der letzteren viel ärmer an diesem Bestandtheil (im Durchschnitt höchstens 15 Proc.). In dem ausgebildeten Holze der perennirenden Gewächse ist der Kalk vor den übrigen Bestandtheilen entschieden vorherrschend und beträgt etwa 50 Proc., ebenso in den älteren Blättern, am höchsten aber steigt der Kalkgehalt in der Rinde, bis 70 Proc. und darüber.

Des Chlors. Das Chlor ist ein Bestandtheil der Pflanzenasche, welcher ganz analog dem Natron sich verhält, und mit diesem auch zu steigen und zu fallen scheint. Es läßt sich kaum annehmen, daß das Chlor ein wesent-

licher Bestandtheil für die Mehrzahl unserer Culturpflanzen sei, wenigstens ist der Gehalt bei einer und derselben Pflanze höchst wechselnd, zuweilen ist das Chlor in nicht unbedeutender Menge vorhanden und dann wieder bis auf die letzte Spur verschwunden. Dieses sieht man in allen Pflanzen, von denen eine hinreichende Anzahl von zuverlässigen Analysen vorliegen; in der Strohasche der Gerste z. B. fand Way 6 bis 8 Proc. Chlor, während ich kaum eine ganz geringe Spur in derselben fand, obgleich das untersuchte Gerstenstroh auf einem Boden gewachsen war, welchen ich mit einer sehr bedeutenden Quantität Kochsalz gedüngt hatte; so variirt ferner der Chlorgehalt im Erbsen- und Rapsstroh von 0 bis 10 Proc. und darüber, dasselbe habe ich auch im Stroh des Buchweizens gefunden. Nur so viel stellt sich aus den vorliegenden Analysen hinsichtlich des Chlors mit aller Klarheit heraus, daß dieser Körper unter allen Theilen der Pflanze in geringster Menge in den Samenkörnern auftritt, und hier kaum die Höhe von 1 Proc. erreicht; in verhältnißmäßig größerer Quantität dagegen findet sich das Chlor in den Stengeln und Blättern der einjährigen Kräuter und hier wiederum, wie es scheint, durchgängig am meisten in den unteren Theilen der ganzen Pflanze und in den Wurzeln. Bei den perennirenden Gewächsen sind, wie wir gleich unten sehen werden, die jungen grünen Triebe und das saftreiche junge Holz am reichsten an Chlor, welches von hier aus in die Blätter übergeht, während die sich ausbildenden Samen das Chlor nur in sehr geringer Menge aufnehmen, dagegen die Samenhüllen oder Schalen wiederum in der Regel eine nicht unbedeutende Quantität an diesem Aschenbestandtheil enthalten; das ältere ausgebildete Holz und die Rinde ist sehr arm an Chlor. Ueberhaupt hat es ganz den Anschein, als ob das Chlor in Verbindung mit Alkalien vorzugsweise im Frühjahr in größerer Menge in die Pflanze überginge, während es später nicht mehr aufgenommen und in den abfallenden Blättern wie auch in den äußeren Fruchthüllen im Herbste dem Erdboden wiederum zugeführt wird. Auffallend wenigstens sehen wir diese Behauptung bestätigt in den später anzuführenden Analysen der Asche der Haferpflanze in den verschiedenen Perioden ihrer Entwicklung.

Die Schwefelsäure ist ohne Zweifel ein wesentlicher Bestandtheil der Pflanzenasche, wenigstens in so weit dieselbe bei der Verbrennung durch die Oxydation des zur Constitution gewisser organischer Körper gehörenden Schwefels entstanden ist. Indessen bildet der Theil der Schwefelsäure, welcher aus den schwefelhaltigen organischen Stoffen

Quantitatives Verhalten der Schwefelsäure.

entstanden ist, in der Regel entschieden die kleinere Hälfte derjenigen Menge, die wir überhaupt in der Pflanzenasche vorfinden. Die größere Hälfte ist schon im oxydirten Zustande in der Pflanze vorhanden, in Verbindung mit Mineralbasen und diese schwefelsauren Salze scheinen sich ganz ähnlich den Chloralkalien zu verhalten, sie werden nämlich vorzugsweise mit der Frühjahrsfeuchtigkeit nebst anderen Mineralstoffen dem Boden entzogen, finden aber in der Pflanze selbst keine weitere Verwendung und werden deshalb mit dem Safte nach den Blättern hingeführt, um mit diesen wiederum von der Pflanze selbst sich abzuscheiden. Ueberall sehen wir die Schwefelsäure in großer Menge im Kraute und hier besonders wieder in den saftigen Blättern angehäuft, wie in den Blättern der Rüben zu 5 bis 10 Proc., ferner findet sie sich in noch größerer Menge in den Wurzeln, vorzugsweise in den knollen- und rübenartigen vor, sogar bis zu 15 Proc. der ganzen Asche. Das Stroh der meisten Culturpflanzen ist entschieden reicher an Schwefelsäure (im Mittel etwa 3 bis 5 Proc.) als die Samenkörner, welche meistens nur 1—2 Proc. enthalten, die Samen der Hülsenfrüchte etwas mehr als die der Cerealien, am meisten aber die Senfsamen, weil in diesem ein stark schwefelhaltiges Oel sich erzeugt, welches natürlich zu der Bildung von Schwefelsäure bei dem Verbrennen der vegetabilischen Substanz Veranlassung geben muß. Hinsichtlich des Schwefelgehaltes der Samenkörner stelle ich hier die folgenden Angaben zusammen, die sich auf Untersuchungen beziehen, welche direct mit den unverbrannten Samenkörnern zur Bestimmung des Schwefels ausgeführt worden sind, weil sehr leicht ein Theil desselben, wenn er in chemischer Verbindung mit organischen Substanzen zugegen ist, während des Verbrennens der letzteren sich verflüchtigen kann. Die directe Bestimmung des Schwefelgehaltes in anderen Theilen der Pflanze hat in physiologischer Hinsicht wenig Interesse, weil hier bei weitem der größte Theil schon in der frischen Pflanze im oxydirten Zustande zugegen ist und man also nicht bestimmen kann, wie viel von dem gefundenen Schwefel in Verbindung mit den Elementen der organischen Stoffe zugegen war. Dagegen kann man wohl annehmen, daß in den Samenkörnern der Schwefel so gut wie gänzlich im nicht oxydirten Zustand vorhanden ist; nur ist auch hier wiederum zu bedenken, daß bei den folgenden Bestimmungen nicht angegeben ist, ob die Samenkörner vor der Untersuchung sorgfältig von ihren Hülsen befreit wurden, indem das Unterlassen dieser Operation natürlich zu einem ganz falschen Resultat der Prüfung führen

mußte, weil diese Hülsen entschieden eine nicht unbedeutende Menge Schwefelsäure im schon fertig gebildeten Zustande enthalten.

	Schwefelgehalt im Mittel.
Kartoffeln, Früchte	0,071 Proc.
Weizen, 0,070; 0,054; 0,051; 0,090; 0,074	0,068 „
Gerste, 0,066; 0,040	0,053 „
Hafer, 0,125, 0,080	0,103 „
Roggen	0,051 „
Bohnen, 0,071; 0,040	0,056 „
Erbsen, 0,158; 0,098; 0,125	0,127 „
Linsen	0,110 „
Leindotter	0,253 „
Rübsamen	0,700 „
Schwarzer Senf	1,170 „
Weißer Senf	1,050 „

Man sieht also den Schwefelgehalt in den Samenkörnern zunehmen von den Cerealien zu den Hülsenfrüchten und von diesen zu den Oelfrüchten.

Quantitatives Verhalten der Phosphorsäure.

In der Phosphorsäure begegnen wir wiederum einem sehr wesentlichen Bestandtheil der Pflanzenasche, welcher namentlich in den Früchten und Samenkörnern in größter Menge sich anhäuft. Aus der oben mitgetheilten Uebersicht ergiebt sich, daß die Samen der Cerealien, wenn man die von der Hülse befreiten Gersten- und Haferkörner in Rechnung bringt, alle gleich viel Phosphorsäure, nämlich beinahe 50 Proc. enthalten; die Hülsenfrüchte nehmen nahe an 40 Proc. auf und die Oelfrüchte, wenigstens die wichtigeren, wie Raps und Lein 45 Proc. Die Strohasche der Getreidearten und überhaupt der völlig reifen Gräser ist sehr arm an Phosphorsäure, indem diese nur 3 bis 4 Proc. ausmacht, in dem Stroh der Hülsenfrüchte steigt der Gehalt im Mittel bis auf 10 Proc. und hält sich auf dieser Höhe in allen anderen vorzugsweise als Futtermittel verwendeten vegetabilischen Substanzen, so in der Strohasche der Hülsenfrüchte, Kleearten und des Spergels, so auch in den knollen- und rübenartigen Wurzeln; denselben Gehalt endlich bemerkt man ebenfalls in den Stengeln der Oelfrüchte. In dem Holze und in den Blättern der perennirenden Gewächse bemerkt man eine verhältnißmäßig nur geringe Quantität an Phosphorsäure und zwar um so weniger, je älter die betreffenden Pflanzentheile sind. Von den Samen dieser Pflanzen sind die mehlreichen Früchte der Eiche und Kastanie am ärmsten an Phosphorsäure, deren Asche enthält nur

etwa 20 Proc., die Kerne der saftigen Früchte führen in ihrer Asche etwa 30 Proc. und die Samen der Nadelhölzer ungefähr 40 Proc. In der Asche der Buchensamen sind, wie in den Eicheln und Kastanien nur 20 Proc. Phosphorsäure gefunden worden.

Quantitatives Verhalten der Kieselsäure.

Die Kieselsäure ist allein in den Gräsern in größerer Quantität angehäuft und zwar nicht in chemischer Verbindung mit anderen Mineralstoffen, sondern im freien Zustande ausgeschieden und der ganzen Pflanze als Mittel dienend, eine größere Festigkeit und Steifheit in allen ihren Theilen, namentlich im Halme zu gewinnen. Die Menge der Kieselsäure in einer und derselben Pflanze wechselt außerordentlich je nach der mehr oder weniger üppigen Entwicklung derselben und je nach der Quantität der im Boden enthaltenen düngenden oder pflanzenernährenden Bestandtheile. Als mittleres Resultat aus sehr zahlreichen Untersuchungen läßt sich jedoch Folgendes für die Getreidearten feststellen. Die Winterhalmfrüchte sind entschieden reicher an Kieselsäure als die Sommerhalmfrüchte und von den ersteren enthält die Strohasche des Weizens durchschnittlich 70 Proc., des Roggens reichlich 60 Proc., von den letzteren die Strohasche der Gerste reichlich 50 und die des Hafers etwas über 40 Proc. Die Gerste und der Hafer enthalten jedoch eine bedeutende Menge Kieselsäure in den die Körner umschließenden Hülsen, so daß, wenn man diese zu derjenigen des Strohes hinzurechnet, die in dem letzteren enthaltene Quantität noch um etwas erhöht wird. Als mittlerer Kieselgehalt in den Strohaschen sämmtlicher Halmfrüchte kann man annähernd genau 60 Proc. annehmen. In den übrigen Pflanzenfamilien bildet die Kieselsäure einen sehr unwesentlichen und sehr variirenden Bestandtheil; sie wird nebst anderen auflöslichen Mineralsubstanzen aufgenommen und durchaus, ohne an den in der Pflanze stattfindenden Prozessen thätigen Antheil zu nehmen, mit dem Pflanzensafte fortgeführt, um hauptsächlich in den Blättern als überflüssige Substanz sich abzulagern und mit diesen dem Boden wieder zugeführt zu werden. In allen nicht grasartigen Gewächsen enthalten allein die Blätter einigermaßen bedeutende Mengen von Kieselsäure und zwar um so mehr, je älter sie werden, also im Herbste absolut und relativ mehr als im Frühjahr, jedoch beträgt die Quantität auch hier selten mehr als 5 bis 8 Proc. der ganzen Asche, nur einige Pflanzen machen hiervon eine Ausnahme und zwar namentlich solche, deren Blätter sich rauh anfühlen und schon durch diese Eigenschaft meist einen größeren Gehalt an Kieselsäure andeuten, so z. B. die Blätter der

Tabak- und der Hopfenpflanze, worin etwa 12 Proc. und noch mehr die Topinamburblätter, in deren Asche sogar über 20 Proc. Kieselsäure vorkommt. Außerdem bemerkt man in der Asche der knollen- und rübenartigen Wurzeln einen zuweilen nicht ganz unbedeutenden Kieselsäuregehalt bis zu 8 oder 10 Proc. und endlich ebenfalls in den äußeren trocknen Hüllen der Samenkerne, so bei dem Hanf z. B. und den Samen der Kiefern und Tannen.

In der obigen Tabelle ist keine Rücksicht genommen auf den Gehalt der Aschen an Eisenoxyd, welches überall in kleinen Mengen die übrigen Bestandtheile begleitet und in der That schon aus dem Grunde wesentlich erscheint, weil das Eisen bekanntlich ein wichtiger Bestandtheil des Blutes ist und also die pflanzenfressenden Thiere diesen Körper nur aus den Vegetabilien in ihren eigenen Organismus aufnehmen können. Auch sprechen die vom Fürsten zu Salm-Horstmar ausgeführten und oben angedeuteten Versuche dafür, daß die Pflanzen allerdings sich nicht vollkommen zu entwickeln vermögen, wenn sie nicht wenigstens eine kleine Quantität Eisen im Boden vorfinden. Jedoch ist der durch die Aschenanalysen gefundene Eisengehalt so unbedeutend, höchstens durchschnittlich etwa 1 Proc., und außerdem noch bei einem und demselben Pflanzentheile so sehr variirend, daß man bis jetzt für das Eisen auch nicht von ferne nur einigermaßen bestimmte Zahlen hinstellen kann und also gar nicht weiß, was man von dem Eisen als wesentlich und was man als zufällig durch Verunreinigung des untersuchten Pflanzenstoffes hinzugekommen anzusehen hat. Das Letztere gilt ebenfalls und zwar in einem noch höheren Grade von dem Manganoxyd und der Thonerde. Des Eisen- und Manganoxydes.

Uebersehen wir nun nochmals die ganzen in der Tabelle aufgeführten Zahlen, so stellt sich mit großer Entschiedenheit das interessante Resultat heraus, daß gewisse Pflanzengruppen eine fast ganz gleiche procentische Zusammensetzung in ihrer Asche haben. So zeigen die Körneraschen unserer wichtigsten Getreidearten sämmtlich ganz gleiche quantitative Verhältnisse, wenn man nämlich, wie es natürlich geschehen muß, die Asche der geschälten Hafer- und Gerstenkörner mit derjenigen des Roggens und Weizens vergleicht. Ferner ist die Zusammensetzung der Strohaschen der Cerealien wiederum quantitativ fast genau dieselbe, vorausgesetzt daß man den Kieselsäuregehalt auf eine mittlere Zahl bei allen Stroharten feststellt. Höchstens macht hier die Phosphorsäure eine Ausnahme, indem diese allerdings im Weizenstroh in etwas größerer Menge Uebereinstimmung bei Pflanzen derselben Familie.

auftritt als in den anderen Stroharten; jedoch ist diese Abweichung so unbedeutend, daß dieselbe hier, wo nur von Durchschnittszahlen die Rede ist, ganz außer Acht gelassen werden kann. Ferner bemerken wir ganz deutlich eine Uebereinstimmung in den Aschen der Hülsenfrüchte, sowohl in den Samen, als auch ebenso auffallend im Stroh, wozu auch der Klee und annähernd auch das Buchweizenstroh und das Spergelheu zu rechnen ist. Auch die Oelfrüchte, wenigstens der Raps und der Lein haben eine gleiche Zusammensetzung ihrer Asche, wie nicht weniger die Hackfrüchte, bei welchen jedoch zu unterscheiden ist zwischen knollenartigen und den rübenartigen Wurzelgewächsen. Wir können nun für die Zusammensetzung der Asche bei den einzelnen Pflanzengruppen die folgenden mittleren Zahlenverhältnisse hinstellen, welche fast ganz genau mit den wirklich gefundenen Resultaten der Analysen übereinstimmen:

	Alkalien.	Kalk.	Magnesia.	Phosphors.	Kieselsäure.
Halmfrüchte:					
Körner . .	30	3	10	50	„
Stroh . .	20	5	2	3	60
Hülsen- oder Blattfrüchte:					
Samen . .	45	5	8	40	„
Stroh . .	30	35	8	10	8
Oelfrüchte:					
Samen . .	25	15	12	45	„
Stroh . .	40	25	6	10	5
Hackfrüchte:					
knollenartige:					
Wurzeln . .	60	3	5	15	10
Kraut . .	25	40	3	3	20
rübenartige:					
Wurzeln .	50	10	3	10	5
Blätter . .	40	20	10	5	10

Das hier bei den einzelnen Pflanzen an 100 Theilen Fehlende ist zum großen Theile Chlor und Schwefelsäure, welche als zu sehr variirende Substanzen hier nicht in Rechnung gebracht worden sind.

Vertheilung der Mineralstoffe.

In physiologischer Hinsicht bieten die Untersuchungen, welche sich auf die Aschenbestandtheile der verschiedenen Theile einer einzelnen

Pflanze beziehen, ein höheres Interesse dar. Diese Untersuchungen verdienen im hohen Grade unsere Aufmerksamkeit, wenn die analysirten vegetabilischen Substanzen von Pflanzen herrühren, die auf einem und demselben Boden gewachsen sind und die Analysen von demselben Chemiker nach einerlei Methode ausgeführt worden sind. Untersuchungen der angeführten Art sind bereits mehrere angestellt worden und die Resultate derselben mögen hier eine nähere Erörterung finden. Norton fand in der Asche der verschiedenen Theile der reifen Pflanze des Hopeton-Hafers folgende Zusammensetzung: In der Haferpflanze.

	Körner.	Schalen.	Spreu.	Blätter.	Ob. Stroh.	Mittl. Str.	Unt. Stroh.
Kali und Natron	31,6	10,3	8,0	14,9	19,1	21,8	43,2
Kalk . . .	5,3	2,0	6,8	9,5	8,3	8,5	6,5
Magnesia . .	8,7	0,4	1,8	2,6	2,8	2,9	2,1
Chlornatrium .	0,4	0,3	5,1	2,3	3,1	3,0	15,4
Schwefelsäure .	„	9,6	5,3	14,8	16,3	18,5	12,3
Phosphorsäure	49,2	1,0	3,5	3,7	1,5	1,6	0,5
Kieselsäure . .	1,9	72,8	68,1	51,7	48,5	40,5	17,3

Auffallend ist die in diesen Analysen angegebene große Schwefelsäuremenge, welche in anderen Haferpflanzen bei weitem nicht so beträchtlich gefunden wurde. Uebrigens sehen wir diesen, zum größten Theil wenigstens unwesentlichen Bestandtheil der Pflanzenasche nur im Stroh und in den Blättern auftreten und nicht in die Samenkörner eingehen, ein Verhalten, welches bei dem Chlor ebenso deutlich sich zeigt, wobei noch zu bemerken ist, daß der letztere Körper in vorzüglich großer Menge in den unteren Theilen der Pflanze sich vorfindet, in Uebereinstimmung mit anderen Beobachtungen über die Vertheilung des Chlors im vegetabilischen Organismus. Interessant ferner ist das stetige Zunehmen des Kieselsäuregehaltes nach den oberen und äußeren Organen der Pflanze hin, während nur höchst geringe Spuren und vielleicht diese nicht einmal, in den eigentlichen Samenkörnern sich vorfinden. Aus Allem also geht klar hervor, daß die Samenbildung unabhängig von der Gegenwart von Chlorverbindungen, von Kieselerde und zum Theil auch von schwefelsauren Salzen stattfindet.

Als Beispiel einer perennirenden oder Holzpflanze theile ich hier zunächst die von Rowney und How ausgeführten Analysen der Aschen von den verschiedenen Theilen des Orangenbaumes mit, wobei zu er- In dem Orangenbaume

wähnen ist, daß die untersuchten Pflanzenstoffe zu derselben Zeit und zwar bei der Fruchtreife vom Baume genommen wurden, und daß Wurzel, Stamm und Blätter völlig ausgebildet waren und also im letzten Stadium ihrer Entwicklung sich befanden:

	Wurzel	Stamm	Blätter	Frucht	Samen
Kali . .	15,4	11,7	16,5	36,4	40,3
Natron . .	4,5	3,0	1,7	11,4	0,9
Kalk . .	49,9	55,1	56,4	24,5	18,9
Magnesia .	6,9	6,3	5,7	8,1	8,7
Chlornatrium	1,2	0,3	6,7	3,9	0,8
Schwefelsäure	5,8	4,6	4,4	3,7	5,1
Phosphorsäure	13,5	17,1	3,3	11,1	23,3
Kieselsäure .	1,8	1,2	4,8	0,4	1,1

Vertheilung der Mineralstoffe in dem Roßkastanienbaume.

Zur Vergleichung mögen hier die noch ausführlicheren Analysen dienen, welche ich selbst mit den Aschen der verschiedenen Theile des Roßkastanienbaumes anzustellen die Gelegenheit gehabt habe. Holz, Blätter und Rinde sind zur Zeit der Blüthe, also im ersten Frühjahr vom Baume genommen worden und es beziehen sich daher die Analysen auf vegetabilische Substanzen, welche im jungen und saftreichen Zustande sich befanden.

	Rinde.	Holz.	Blattstengel.	Blätter.	Blüthenstengel.	Kelchtheile.
Kali . . .	8,4	17,6	30,0	21,2	57,3	58,6
Kalkerde . .	76,8	42,9	21,7	29,3	9,3	12,3
Magnesia .	1,7	5,0	3,0	2,6	1,3	5,9
Chlorkalium	5,9	12,8	25,7	10,6	10,1	5,0
Schwefelsäure	Spur	Spur	3,8	9,1	3,5	Spur
Phosphorsäure	6,0	19,2	14,8	22,4	17,1	16,6
Kieselsäure .	1,1	2,6	1,0	4,9	0,7	1,7

	Staubfäden.	Blumenblätter.	Grüne Früchte.	Reife Früchte. 1. Kern	Reife Früchte. 2. Grüne Schale.	Reife Früchte. 3. Braune Schale.
Kali . . .	57,1	56,2	52,4	59,1	63,0	47,4
Kalkerde . .	13,8	13,6	9,8	11,5	8,6	16,4
Magnesia .	3,1	3,8	2,4	0,6	1,1	2,4
Chlorkalium .	5,8	7,9	10,0	4,2	20,5	10,9
Schwefelsäure	Spur	Spur	3,7	1,7	1,0	3,6
Phosphorsäure	19,5	17,0	20,8	22,8	5,3	18,6
Kieselsäure .	0,7	1,5	0,9	0,2	0,6	0,8

Die zuletzt angeführten Analysen geben noch interessantere Aufschlüsse, wenn man die Aschenbestandtheile nach ihrer Löslichkeit und Unlöslichkeit in Wasser zusammenstellt, wie die directe Untersuchung die procentischen Verhältnisse für beide Classen von Mineralsubstanzen ergeben hat:

1. In Wasser unlösliche Theile.

	Rinde.	Holz.	Blattstengel.	Blätter.	Blüthenstengel.	Kelchtheile.
Kalkerde . .	53,8	46,1	44,4	42,3	40,6	34,8
Magnesia .	1,2	5,2	6,2	3,8	5,7	16,7
Phosphorsäure	4,2	20,6	30,3	32,4	42,7	33,1
Kohlensäure .	40,0	25,3	16,9	14,5	7,8	10,7
Kieselsäure .	0,8	2,8	2,1	7,1	3,1	4,8
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

2. In Wasser auflösliche Theile.

	Rinde.	Holz.	Blattstengel.	Blätter.	Blüthenstengel.	Kelchtheile.
Kali . . .	46,4	45,7	42,0	46,4	58,1	62,8
Chlorkalium .	32,0	32,8	36,0	23,3	11,0	5,3
Schwefelsäure	"	"	5,3	19,9	3,6	"
Phosphorsäure	"	"	"	"	7,4	5,4
Kohlensäure .	21,6	21,4	16,7	10,4	19,9	26,5
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

3. Verhältniß der löslichen und unlöslichen Theile.

	Rinde.	Holz.	Blattstengel.	Blätter.	Blüthenstengel.	Kelchtheile.
Unlösliche Theile	88,7	70,8	40,6	60,2	18,8	27,3
Auflösliche "	11,3	29,2	59,4	39,8	81,2	72,7
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

1. In Wasser unlösliche Theile.

	Staubfäden.	Blumenblätter.	Grüne Früchte.	Reife Früchte. 1. Kern.	Reife Früchte. 2. Grüne Schale.	Reife Früchte. 3. Braune Schale.
Kalkerde . .	38,9	38,4	37,6	44,6	44,2	43,4
Magnesia .	8,7	10,8	9,0	2,3	5,9	6,2
Phosphorsäure	37,4	34,9	41,7	44,3	27,2	30,2
Kohlensäure .	12,9	11,8	8,7	8,1	19,8	18,0
Kieselsäure .	2,1	4,1	3,0	0,7	3,0	2,2
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

2. In Wasser auflösliche Theile.

	Staubfäden.	Blumenblätter.	Grüne Früchte.	Reife Früchte. 1. Kern.	2. Grüne Schale.	3. Braune Schale.
Kali . . .	62,1	61,1	56,8	61,6	55,6	54,7
Chlorkalium .	6,4	8,6	10,9	4,4	18,1	13,1
Schwefelsäure	"	"	4,0	1,7	0,9	4,3
Phosphorsäure	6,8	5,0	10,6	11,9	"	8,7
Kohlensäure .	24,8	25,4	17,8	20,4	25,4	19,3
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

3. Verhältniß der unlöslichen und auflöslichen Theile.

	Staubfäden.	Blumenblätter.	Grüne Früchte.	Reife Früchte. 1. Kern	2. Grüne Schale.	3. Braune Schale.
Unlösliche Theile	27,8	27,8	22,2	21,2	14,6	31,1
Auflösliche Theile	72,2	72,2	77,8	78,8	85,4	68,8
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

In der so eben mitgetheilten Uebersicht ist die Kohlensäure nicht in Abzug gebracht worden, wie es oben geschehen mußte, um die hier zusammengestellten analytischen Resultate mit den früher erwähnten vergleichbar zu machen. Man sieht nun, daß die in Wasser auflöslichen auf 100 Theile berechneten Substanzen in ihren quantitativen Verhältnissen in der Rindenasche ganz genau dieselben sind, wie in der Asche des jungen Holzes. Auch die procentische Zusammensetzung der in Wasser unlöslichen Theile wird bei beiden Pflanzenaschen genau übereinstimmend, wenn man von den bei der Rinde direct gefundenen Resultaten 80 Proc. kohlensauren Kalk in Abzug bringt und die übrig bleibenden Stoffe wiederum auf 100 Theile berechnet; man erhält dann für die in Wasser unlöslichen Mineralkörper folgende Zusammensetzung:

Verhältniß der Mineralstoffe in Rinde und Holz.

Kalkerde .	45,0	Proc.
Magnesia .	6,0	"
Phosphorsäure	21,1	"
Kohlensäure	24,1	"
Kieselsäure .	3,8	"
	100,0	

In Wasser unlösliche Theile der Asche	61,0	Proc.
In Wasser auflösliche Theile " "	39,0	"
	100,0	"

Also dieselbe Zusammensetzung wie in der Asche des jungen Holzes, nur mit dem Unterschiede, daß hier die Gesammtmasse der in Wasser auflöslichen Stoffe eine etwas größere ist, als bei dem Holze. Die Zusammensetzung der ganzen Rindenasche wird nun nach der Reduction (welche für die Gesammtmenge der Asche 70 Proc. ausmacht) und nach Abzug der Kohlensäure die folgende:

Kalkerde .	35,7	Proc.
Magnesia .	4,7	"
Kali . .	23,5	"
Chlorkalium	16,3	"
Phosphorsäure	16,8	"
Kieselsäure .	3,0	"
	100,0	

Die Rinde also für sich im saftlosen und reinen Zustande enthält einzig und allein kohlensauren Kalk, der sich aus dem Pflanzensafte bei der allmähligen Bildung der Rinde ausscheidet und in den festen unlöslichen Zustand übergeführt wird, während der Saft reicher an Alkalien sich in die oberen grünen Theile des Baumes ergießt. Die Rinde hat die Function, den überflüssigen kohlensauren Kalk aus dem Pflanzensafte zu entfernen, damit die zurückbleibenden alkalischen Salze und der phosphorsaure Kalk um so thätiger an den in jenen Theilen auftretenden Prozessen Antheil nehmen können.

Ein Blick auf die obigen Tabellen zeigt die Vertheilung der Mineralstoffe in den verschiedenen Organen der Pflanze auf das Deutlichste. Man bemerkt sofort, daß bei der Berechnung der in Wasser löslichen und unlöslichen Stoffe auf 100 Theile, der procentische Gehalt an Mineralbasen bei allen hier untersuchten Pflanzenaschen fast ganz genau derselbe wird, wenn man zu dem Kalke die Magnesia hinzufügt und die ganze Menge des Kali in Rechnung zieht. Die relative Menge der Basen bleibt stets unverändert in den obersten Theilen der Pflanze, nur in den Säuren findet eine Umsetzung statt, so daß Chlor und Schwefelsäure in den Blatttheilen bei den auflöslichen alkalischen Verbindungen vorherrschen, dagegen die kohlensauren Alkalien vorzugsweise in den Blüthen- und Fruchttheilen sich anhäufen. Ferner findet man den phosphorsauren Kalk relativ ziemlich gleichmäßig in den hier untersuchten Blatt-, Blüthen- und Fruchttheilen vertheilt, nur in der eigentlichen

Weitere Folgerungen aus obigen Analysen.

Kernsubstanz der Frucht etwas an Menge zunehmend, dagegen in der äußeren grünen Schale wiederum in geringerer Quantität, indem hier der kohlensaure Kalk den phosphorsauren theilweise ersetzt. Offenbar erfolgt bei der Entwicklung der Frucht eine Umsetzung zwischen den Bestandtheilen des phosphorsauren Kalkes und des kohlensauren Kali's, eine Thätigkeit, welche schon in den Blüthenstengeln beginnt und während der Fruchtbildung fortdauernd zunimmt. In keinem anderen Theile der Pflanze, außer in den Blüthen- und Fruchttheilen ist eine Spur von phosphorsaurem Kali vorhanden und auch in den Früchten zieht sich die ganze Menge derselben in den inneren Kern hinein, während die äußere Schale ganz frei von dieser Verbindung ist und überhaupt nur sehr wenig Phosphorsäure enthält. Während nun aber die relativen Mengen der Mineralbasen überall dieselben bleiben, so sind die absoluten Quantitäten doch außerordentlich verschieden, weil eben das gegenseitige Verhältniß zwischen den auflöslichen und unlöslichen Salzen großem Wechsel unterworfen ist. Den obigen Angaben zufolge ist nämlich dieses Verhältniß in dem zwischen Holz und Rinde sich fortbewegenden Safte = 4 : 6, in dem jungen Holze selbst = 3 : 7, in den Blattstengeln = 6 : 4, in den Blättern wiederum = 4 : 6, in den Blüthenstengeln = 2 : 9, in den Kelchtheilen, Staubfäden und Blumenblättern = 3 : 8, in den unreifen jungen Früchten und den inneren Kernen der reifen Früchte = 2 : 7, in der äußeren grünen Schale der Früchte = 2 : 9.

Die hier für die verschiedenen Theile des Roßkastanienbaumes angegebenen Verhältnisse werden wahrscheinlich ganz ähnlich auch bei anderen Bäumen und Gesträuchen vorhanden sein, wenigstens wenn man die Theile der letzteren zu derselben Vegetationsperiode untersucht. Die oben mitgetheilten Analysen, welche auf die Theile des Orangenbaumes sich beziehen, beweisen dies zur Genüge, die Verhältnisse sind hier ganz ähnlich, nur ist der Kalkgehalt des Holzes und der Blätter beträchtlich größer, theils aus Ursachen, welche in der Species der Pflanze liegen mögen, theils aber auch weil hier ältere und schon mehr entwickelte Pflanzenstoffe untersucht wurden, welche überall eine größere Quantität an unlöslichen Mineralverbindungen, namentlich an Kalksalzen enthalten, als die jüngeren. Diese überall bestätigt gefundene Thatsache ist eine natürliche Folge von den in der Frucht fortwährend mit immer größerer Energie auftretenden Prozessen, welche eine vermehrte Anziehung von Phosphorsäure und von kohlensaurem

Kali bewirken, dagegen die Kalkerde, Kieselsäure und die schwefelsauren wie Chlor-Alkalien zum größten Theile, als nicht weiter verwendbare Substanzen in die Rinde und die Blätter übergehen und sich hier ablagern lassen.

Auch bei den einjährigen saftreichen Pflanzen findet man wahrscheinlich eine analoge Vertheilung der Mineralstoffe, wie sie hier für den Roßkastanienbaum nachgewiesen ist. Die oben angeführte Analyse der Asche der Haferpflanze bestätigen diese Behauptung. In den Gräsern verhält sich die Kieselerde zum Theil ähnlich wie die kohlensaure Kalkerde in den perennirenden Gewächsen, indem jene nach und nach vollständig aus dem Safte sich ausscheidet, in den äußeren Schichten des Halmes und in den Blättern im festen Zustande, mit dem Fortschreiten der Vegetation in zunehmender Menge sich ablagert und durchaus nicht in das Innere des eigentlichen Samenkornes eintritt.

Die Veränderungen, welche in der procentischen Zusammensetzung der Asche während der allmähligen Entwickelung der Pflanze stattfinden, zeigen für den Hafer auf sehr deutliche Weise die folgenden Analysen, welche der umfassenden und reichhaltigen Untersuchung Norton's entlehnt sind: Abweichungen nach der Vegetationsperiode.

1. Blätter des unreifen Hafers. Bei der Haferpflanze.

	4. Juni.	11. Juni.	18. Juni.	25. Juni.	2. Juli.	9. Juli.	16. Juli.
Kali und Natron	24,6	23,5	26,2	28,1	18,8	16,1	18,4
Chlornatrium .	16,3	13,5	11,3	7,6	7,9	4,1	0,3
Kalk	8,4	7,2	7,3	6,7	6,9	5,9	5,1
Magnesia . .	5,3	3,1	3,5	3,1	2,4	2,4	1,6
Schwefelsäure .	11,7	12,9	10,6	7,9	9,5	6,5	13,1
Phosphorsäure .	16,2	10,6	10,1	8,8	6,9	6,4	2,9
Kieselsäure . .	16,6	28,5	30,3	36,5	47,6	58,3	58,2

2. Halme des unreifen Hafers.

Kali und Natron	24,9	21,5	26,5	28,9	36,3	30,1	42,4
Chlornatrium .	32,7	34,7	24,9	24,6	11,6	17,8	4,5
Kalk	2,4	4,2	3,7	2,4	2,6	1,6	4,1
Magnesia . .	0,9	3,2	2,2	2,6	1,2	2,3	1,5
Schwefelsäure .	6,2	7,8	8,5	4,9	8,0	9,1	7,8
Phosphorsäure .	16,2	14,0	12,6	7,8	2,2	5,6	6,3
Kieselsäure . .	16,3	14,3	20,4	28,1	36,6	32,4	34,9

3. Unreife und ungeschälte Körner des Hafers.

	2. Jul.	9. Jul.	16. Jul.
Kali und Natron	32,9	31,3	31,4
Chlornatrium .	10,4	8,1	0,6
Kalk	2,7	5,4	6,8
Magnesia . .	3,4	4,5	2,9
Schwefelsäure .	10,4	12,8	16,4
Phosphorsäure .	14,0	20,1	15,2
Kieselsäure . .	24,4	17,1	26,1

Während der drei Wochen, vom 25. Juni bis zum 16. Juli, erreichte der Hafer seine volle Größe, war jedoch noch ganz grün und das Korn hatte sich kaum gebildet. Der procentische Gehalt an Kieselsäure nimmt in den Blättern und Halmen fortwährend zu und damit die relative Menge der übrigen Bestandtheile ab. Diese regelmäßige Verminderung bemerkt man in den Blättern ganz deutlich bei den Alkalien, wenn man das Natron aus dem Chlornatrium der übrigen Quantität der Alkalien hinzufügt, ebenso bei der Phosphorsäure, jedoch steht in beiden Fällen diese Verminderung mit der Zunahme der Kieselsäure nicht in einem einfachen Verhältnisse, die erstere ist weit bedeutender, als sie im Verhältniß zu der letzteren hätte sein dürfen. Dagegen ist bei den alkalischen Erden mit der Entwicklung der Pflanze den Procenten nach zwar auch eine Verminderung bemerkbar, diese ist aber nicht so groß, als sie hätte sein müssen, wenn dieselbe einfach durch die Zunahme der Kieselsäure erklärt werden sollte. Mit anderen Worten, die relative Menge der Alkalien und der Phosphorsäure nimmt mit der Entwickelung der Pflanze in den Blättern ab, die der alkalischen Erden dagegen zu, ein Verhältniß, welches sich noch deutlicher herausstellt, wenn man die früher angeführte Analyse der Blätterasche der reifen Haferpflanze mit den hier mitgetheilten vergleicht. In den Halmen bemerkt man keine Abnahme des Gehaltes an Alkalien, wenigstens nur insoweit, als sie durch die Zunahme der procentischen Menge der Kieselsäure einfach erklärt wird; die relative und absolute Menge der alkalischen Erden nimmt jedoch ganz entschieden mit der Entwicklung der Pflanze auch hier zu und noch auffallender vermindert sich die der Phosphorsäure. Wenn man die Aschenbestandtheile der reifen Haferkörner mit denen der unreifen zusammenstellt, so bemerkt man sehr deutlich, daß die Alkalien anfangs in besonders großer Quantität in die sich bildenden Samenkörner eintreten und daß erst später die Menge der Phosphorsäure bedeutend zunimmt und zuletzt die der Alkalien weit übertrifft, während in den ersteren

Perioden der Entwickelung des Samenkornes das Verhältniß gerade ein umgekehrtes ist. Zu erwähnen ist hier ebenfalls, daß die Phosphorsäure in der ganz jungen Pflanze theilweise an Kali gebunden ist und in dieser Verbindung aus dem Samenkorne hervortritt, dagegen sehr bald vollständig mit Kalkerde sich vereinigt und erst bei der Samenbildung wiederum an das Kali tritt, während dann die abgeschiedene Kalkerde in dem Halme zurückbleibt oder in die Blätter übergeht.

Interessant ist auch das Verhalten des Chlors und der Schwefelsäure. Das Chlor ist in der ganz jungen Pflanze in sehr bedeutender Menge zugegen, später nimmt aber der procentische Gehalt an diesem Bestandtheil ganz regelmäßig ab, so daß, wenn die Pflanze ihre völlige normale Größe erreicht hat, dieser Gehalt nur noch ein unbeträchtlicher ist. Es wird hierdurch auf das Deutlichste bewiesen, nicht daß das Chlor während der späteren Vegetationsperiode wiederum von der Pflanze ausgeschieden wird, sondern nur, daß dieser Stoff allein von der ganz jungen Pflanze dem Erdboden entzogen und vielleicht an der Keim- und Knospenbildung thätigen Antheil nimmt, später jedoch als weiter nicht verwendbar in dem Erdboden zurückbleibt oder doch wenigstens nicht mehr aus den Wurzeln oder den untersten Theilen der Pflanze, wie die übrigen Mineralstoffe, mit dem Pflanzensafte in die Höhe steigt. Die Schwefelsäure scheint sich, wenigstens bei dem Hafer, procentisch fast ganz gleichmäßig in alle Theile der Pflanze zu verbreiten, nämlich so lange, als die Pflanze noch an Größe und Höhe zunimmt, bis kurz nach der Blüthe, wenn die Samenkörner deutlich sich auszubilden anfangen. Bis zum 9. Juli bemerkt man in den Blättern der Haferpflanze eine mit der Zunahme der Kieselsäure in directem Verhältniß stehende Verminderung des procentischen Schwefelsäuregehaltes oder ein völliges Gleichbleiben des letztern, wenn man die Kieselsäure in Abzug bringt und die übrigen Bestandtheile wiederum auf 100 Theile berechnet. Mit dem 16. Juli, also schon 8 Tage später ist eine plötzliche und sehr auffallende Vermehrung in der Schwefelsäuremenge eingetreten, welche noch deutlicher in den Blättern der ganz reifen Haferpflanze sich ausspricht, und nicht allein in der Blätterasche, sondern auch in der Halmasche sich sehr bemerkbar macht. In den Körnern ferner sehen wir in der allerersten Periode ihrer Entwicklung die Schwefelsäure in beträchtlicher Menge auftreten, der procentische Gehalt nimmt aber sofort sehr schnell ab, so wie die Körner dem Zustande ihrer Reife sich nähern; in der von Norton mitgetheilten Analyse der reifen und von ihren Hülsen befreiten

Körner ist sogar keine Spur von Schwefelsäure angegeben, vollkommen kann aber der Schwefelgehalt nie verschwinden, weil die im reifen Hafer befindlichen organischen Substanzen nothwendig eine kleine Menge von Schwefel zu ihrer Zusammensetzung bedürfen, obgleich bei weitem die größte Menge, ja vielleicht die ganze Quantität des Schwefels, welche im oxydirten Zustande, also als Schwefelsäure in dem sich ausbildenden Samenkorn zugegen ist, nach und nach aus diesem sich ausscheidet und in den das Korn umschließenden Hülsen zurückbleibt. Soviel geht also aus den Analysen mit völliger Klarheit hervor, daß die Schwefelsäure bis zum Beginne der Fruchtbildung in allen Theilen der Haferpflanze gleichmäßig vertheilt ist, von diesem Zeitpunkte an aber in verhältnißmäßig größerer Menge in den Blättern sich anhäuft, oder in den Halmen zurückbleibt, weil die Samenkörner zu ihrer Bildung nur wenig Schwefelsäure bedürfen und daher keine große Anziehung gegen dieselbe äußern.

Die so eben angedeuteten Thatsachen machen sich besonders deutlich, wenn man die einzelnen Bestandtheile nach ihren Mengenverhältnissen in Bezug auf 100 Theile der getrockneten vegetabilischen Substanzen zusammenstellt, wie in der folgenden Tabelle geschehen ist:

	Alkalien.	Kalk.	Magnesia.	Chlor.	Schwefelsäure.	Phosphorsäure.	Kieselsäure.
Halme.							
d. 11. Juni . . .	3,96	0,42	0,32	2,07	0,77	1,38	1,41
d. 16. Juli . . .	3,58	0,33	0,12	0,21	0,63	0,50	2,79
d. 3. Sept. Ob. Halm	1,05	0,42	0,14	0,11	0,82	0,08	2,43
d. 3. Sept. Mittl. "	1,40	0,52	0,18	0,12	1,13	0,10	2,47
d. 3. Sept. Unt. "	2,73	0,35	0,11	0,49	0,65	0.03	0,92
Blätter.							
d. 11. Juni . . .	3,31	0,78	0,34	0,98	1,39	1,04	3,08
d. 16. Juli . . .	2,37	0,64	0,20	0,03	1,65	0,37	7,33
d. 3. Sept. . . .	3,38	1,99	0,54	0,30	3,09	0,77	10,81
Spreu.							
d. 16. Juli . . .	0,99	0,22	0,19	0,08	0,60	0,44	3,38
d. 3. Sept. . . .	2,94	1,87	0,50	0,88	1,46	0,96	18,73
Körner.							
Ungeschält, d. 16. Juli	1,08	0,23	0,10	0,01	0,56	0,52	0,89
Geschält, d. 3. Sept.	0,67	0,11	0,18	0,01	"	1,03	0,04

Diese Uebersicht würde ein noch höheres Interesse haben, wenn zugleich auf die Durchschnittsverhältnisse im Gewichte der einzelnen Theile

der Haferpflanze, also der Blätter, des Halmes ꝛc., hätte Rücksicht genommen werden können, weil nur dann der absolute Gehalt an einzelnen Mineralstoffen in den verschiedenen Theilen der Pflanze in allen Perioden ihrer Entwicklung festgestellt werden kann.

In neuester Zeit sind von Staffel Analysen ausgeführt worden, von der Asche einiger Theile des Roßkastanienbaumes, welche mit den betreffenden von mir mitgetheilten Untersuchungen zusammengestellt für die verschiedenen Entwicklungsperioden des Holzes und der Rinde folgende Reihenfolge geben: Abweichung der Mineralstoffe bei dem Roßkastanienbaume.

	Wolff.	Staffel.			Wolff.
	Blüthenstengel.	Grüne Frühjahrstriebe.	Holzsubstanz der grünen Triebe.	Junges Holz im Herbste.	Vorjähriges Holz im Frühj.
Chlorkalium	10,1	10,1	10,5	3,0	12,8
Kali . .	57,3	56,5	57,6	17,5	17,6
Kalkerde .	9,3	7,3	5,9	51,0	42,9
Magnesia .	1,3	4,2	4,1	5,2	5,0
Phosphorsäure	17,1	19,2	19,0	21,9	19,2
Schwefelsäure	3,5	0,5	0,8	„	„
Kieselsäure .	0,7	1,4	1,8	0,7	2,6

	Staffel.		Wolff.
	Rindensubstanz der grünen Triebe.	Junge Rinde im Herbste.	Vorjährige Rinde im Frühjahr.
Chlorkalium .	9,6	2,5	5,9
Kali . . .	55,0	22,5	8,4
Kalkerde . .	9,2	61,3	76,8
Magnesia . .	4,4	4,0	1,7
Phosphorsäure	19,5	7,0	6,1
Schwefelsäure .	„	1,0	„
Kieselsäure .	0,7	1,1	1,1

Man sieht, daß die von Staffel untersuchten Frühjahrstriebe absolut und relativ fast ganz genau dieselben Verhältnisse in ihren Aschen-

bestandtheilen zeigen, wie die von mir geprüften Blüthenstengel, wie es in der That der Fall sein muß, da die Blüthenstengel unmittelbar die Fortsetzung von jenen Frühlingstrieben bilden; der einzige Unterschied besteht darin, daß in den Blüthenstengeln eine etwas größere Menge von Schwefelsäure enthalten ist, welche zu dieser Zeit schon in die äußersten Theile der Pflanze sich gezogen hat. Im Herbste hat das neu gebildete Holz den größten Theil seiner leicht auflöslichen alkalischen Bestandtheile verloren, enthält aber immer noch eine ziemlich bedeutende Quantität an Aschenprocenten; die procentische Zusammensetzung der ganzen Asche scheint von nun an ziemlich unverändert zu bleiben, wenigstens ist sie in demselben Pflanzentheile im folgenden Frühjahr ganz genau dieselbe geblieben, mit alleiniger Ausnahme des Chlorkaliums, dessen größerer Gehalt in den von mir untersuchten Theilen des Roßkastanienbaumes sich aus dem Standorte dieses Baumes vollkommen erklärt, indem dieser einen sehr großen Gehalt des Bodens an alkalischen Verbindungen des Chlors und der Schwefelsäure voraussetzen ließ. In der Rinde ist bei seiner Ausbildung eine rasche und sehr bedeutende Zunahme im Kalkgehalte zu beobachten, während auf der anderen Seite das Kali und die Phosphorsäure fast vollständig verschwinden; es erklärt sich dieses Verhalten aus der fortdauernden Ausscheidung des kohlensauren Kalkes in der Rinde und durch die Auflösung und Fortführung der übrigen Bestandtheile im Pflanzensafte.

Abweichungen nach den Bodenverhältnissen.

Es ist oben nachgewiesen worden, daß die Gesammtmenge der Asche in den Pflanzen und deren einzelnen Theilen nach den Varietäten, weit mehr aber nach den Boden- und namentlich Düngungsverhältnissen mannichfachen Abweichungen unterworfen ist. Dasselbe ist nun auch hinsichtlich der einzelnen Aschenbestandtheile der Fall. Diese Abweichungen sind in den trocknen Samenkörnern der einzelnen Pflanzen und Pflanzenfamilien weit weniger bedeutend, als in allen saftigen Theilen, ganz besonders in dem Stroh oder Kraute der einjährigen Pflanzen. In den Gräsern ist es ganz besonders die Kieselsäure, welche in ihren Mengenverhältnissen so bedeutend variirt, in den übrigen Kräutern ist es vorzugsweise das Chlor und die Schwefelsäure. Werfen wir einen Blick auf die folgenden Analysen vom Erbsenstroh, die in neuester Zeit von bewährten Chemikern ausgeführt wurden, und die sich auf Pflanzen beziehen, welche aus demselben Samen gezogen, aber auf sehr verschiedenem Boden gewachsen waren:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kali . . .	22,3	13,3	17,1	35,9	36,5	30,0	30,0
Natron . .	1,2	5,4	3,2	1,7	1,7	5,9	0,2
Kalk . . .	47,1	41,5	33,0	17,3	21,0	36,7	46,1
Magnesia .	10,8	5,3	4,5	3,3	4,3	4,3	5,9
Chlor . .	3,8	8,5	2,4	16,2	14,8	2,2	3,7
Schwefelsäure	3,6	8,9	4,4	7,0	7,2	1,8	3,2
Phosphorsäure	7,4	9,9	12,0	8,4	7,6	15,4	7,8
Kieselsäure .	5,2	5,8	21,4	9,8	8,3	2,8	2,2

Aehnliche Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Asche sind bei allen Stroh-, Wurzel- und Blätterarten aufgefunden worden, die an verschiedenen Orten und unter verschiedenen äußeren Umständen gewachsen waren. Freilich läßt sich nicht läugnen, daß diese Abweichungen in der Regel geringer ausfallen, wenn sämmtliche Analysen von einem und demselben Chemiker und nach einerlei Methode ausgeführt worden sind, zum Beweise, daß dieselben zum Theil allerdings in der Anwendung einer mehr oder weniger zuverlässigen Methode der Analyse, so wie auch in der keineswegs gleich großen Sorgfalt und Geschicklichkeit des Analytikers ihren einfachen Grund haben mögen; endlich ist auch zu erwähnen, daß bei einem Material, wie z. B. Erbsenstroh, schon aus dem Grunde große Abweichungen eintreten müssen, weil das Gewichtsverhältniß der Blätter zu den Stengeln nicht allenthalben dasselbe war und ganz besonders natürlich, wenn die untersuchte Substanz nicht ganz rein und frei von allen Beimengungen gewesen ist. Indessen steht so viel fest, daß Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Asche einer und derselben Pflanze wirklich existiren, wenn sie auch nicht selten durch die Analyse größer gefunden werden, als sie in der That sind. Beispiele können viele angeführt werden, die folgenden mögen genügen. Norton hat z. B. die Blätter verschiedener Haferarten untersucht:

	Hopeton-Hafer.		Sandhafer.	Nach den verschiedenen Varietäten.
	Leichter Lehm.	Moorboden.	Sandiger Lehm.	
In Wasser lösl. Salze, besonders Sulfate u. Chloride	36,8	56,5	45,8	
Phosphors. Kalk und Magnesia	7,2	3,7	1,0	
Kalk und Magnesia . . .	10,2	1,3	3,3	
Kieselsäure	45,8	38,5	50,0	

Ebenso die Spreu des Hafers:

	Hopeton-Hafer. 1. Leichter Lehmboden.	Hopeton-Hafer. 2. Armer Moorb.	Kartoffelhafer. Sandbod.	Brauner Hafer. Lehmb.
Lösl. Salze, bes. Sulfate und Chloride	35,0	34,1	19,9	18,7
Phosphors. Kalk und Magnesia	4,3	8,7	2,3	2,4
Kalk und Magnesia . . .	4,0	7,1	7,0	4,4
Kieselsäure	56,7	50,0	70,9	74,5

Die folgenden Analysen sind von John Herapath ausgeführt worden, sie beziehen sich auf 5 verschiedene Kartoffelarten, die sämmtlich auf demselben Boden und unter ganz gleichen Verhältnissen gewachsen sind:

	1.	2.	3.	4.	5.
Kali . . .	67,7	65,8	70,6	70,0	62,1
Chlornatrium	Spur	Spur	Spur	Spur	2,5
Kalk . . .	3,0	1,8	5,0	5,0	3,3
Magnesia .	6,5	5,5	5,0	2,1	3,5
Schwefelsäure	3,6	6,0	4,3	7,5	7,9
Phosphorsäure	17,2	20,8	14,9	14,4	20,7
Kieselsäure .	Spur	Spur	0,2	Spur	Spur

Man sieht also, daß es durchaus nothwendig ist, eine ganze Reihe von zuverlässigen Analysen auszuführen, wenn man die Zusammensetzung der Asche irgend eines Pflanzentheiles annähernd genau feststellen will. Ich will auch noch darauf aufmerksam machen, daß gleiche Aschenprocente in zwei Exemplaren einer und derselben Pflanze keineswegs eine gleiche Zusammensetzung ihrer Asche andeuten und daß ebenso wenig durch Abweichungen in der Gesammtmenge der Asche auch eine verschiedene procentische Zusammensetzung derselben bedingt ist. Belege für diese Behauptung giebt jede beliebige Pflanze, deren Asche mehrmals analysirt worden ist; so enthielten die Kartoffeln Nr. 2 und 4 fast ganz gleiche Aschenprocente (3,5 Proc.) und dennoch ist die Zusammensetzung der Asche dieser beiden Sorten gerade am meisten verschieden; auf der anderen Seite habe ich in zwei Arten von Früchten der Roßkastanie ganz genau dieselben quantitativen Verhältnisse ihrer Aschenbestandtheile gefunden, obgleich die eine Frucht im inneren Kerne 2,2 Proc., die andere dagegen 3,2 Proc. Asche enthielt.

Die wirklich vorhandenen Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Asche von einem und demselben vegetabilischen Körper haben Liebig

veranlaßt, ein allgemeines Gesetz aufzustellen, nach welchem die Mineralbasen sich gegenseitig zu vertreten im Stande sein sollen, so daß z. B. ein Aequivalent von Natron an die Stelle eines entsprechenden Aequivalentes Kali, Magnesia an die Stelle von Kalk und gar Natron oder Kali ebenfalls an die Stelle von Kalk treten kann. Es soll nach Liebig mit Einem Worte, die Sauerstoffmenge, welche in einer Pflanzenasche mit den Metallen der Alkalien und der alkalischen Erden in Verbindung sich befindet, unter allen Umständen dieselbe bleiben, dagegen kann dieser Sauerstoff, je nach den äußeren, namentlich den Boden-Verhältnissen, beliebig bald zum großen Theile mit den Metallen der Alkalien, bald mit denen der alkalischen Erden verbunden sein. Das hier angedeutete Liebig'sche Gesetz von der gegenseitigen Vertretung der basischen Stoffe in der Pflanzenasche ging hervor aus der Betrachtung einiger weniger älterer Analysen Saussure's und Berthier's; es hat aber zum großen Theile die Veranlassung gegeben, daß in neuerer Zeit Tausende von Aschenanalysen ausgeführt worden sind, von denen viele zu Gunsten des Liebig'schen Gesetzes sprachen, noch weit mehrere aber nicht mit demselben in Uebereinstimmung gebracht werden konnten. Seitdem vor Kurzem auf das Bestimmteste nachgewiesen wurde, daß in sehr vielen Aschenanalysen die Menge des Natrons viel zu hoch angegeben ist und dieser Stoff, mit nur sehr wenigen Ausnahmen, kaum jemals in der Asche einer der bekannteren Pflanzen die Höhe von mehreren Procenten der ganzen Asche erreicht, so ist damit auch der Hauptstützen des Liebig'schen Gesetzes gefallen. Außerdem geht aus allen Untersuchungen hervor, daß die Magnesia niemals in größerer Quantität, außer zuweilen in der Asche der Samenkörner auftritt, und daß die Schwankungen, welchen dieser Stoff in einem und demselben Pflanzentheile unterworfen ist, fast niemals mehr beträgt, als höchstens 2 bis 3 Procent; es kann also auch durchaus nicht von einer Vertretung des Kalkes durch die Magnesia in nur einigermaßen beträchtlicher Menge die Rede sein. Es würde daher nur die Vertretung von Kali und Kalkerde übrig bleiben, welche allerdings den directen Analysen zufolge, wenigstens scheinbar in größerem Maßstabe stattfindet. Man sehe z. B. die oben angegebenen Analysen der Asche des Erbsenstrohes an, wo der Kaligehalt von 13 bis 36 Procent und damit in Verbindung stehend der Kalkgehalt zwischen 47 und 17 Proc. variirt. Aehnliche Verhältnisse bieten auch andere Pflanzentheile, namentlich solche dar, welche wie das Erbsenstroh keine bedeutende Menge von Kieselsäure enthalten. Eine wirkliche Vertretung aber von Kali und Kalkerde ist

Das Liebig'sche Gesetz von der Vertretung der Basen.

schon aus chemischen Gründen sehr unwahrscheinlich, wenigstens ist es gewiß, daß es weit natürlicher wäre, wenn man Kali durch Natron und Kalkerde durch Magnesia vertreten fände, da eben diese einander durch übereinstimmende chemische Eigenschaften sehr nahe stehen, während Kali und Kalkerde viel weniger mit einander vergleichbar sind. Da nun die gegenseitige Vertretung der ersteren Stoffe gar nicht oder doch höchstens nur innerhalb sehr enger Gränzen stattfindet, so scheint eine solche Vertretung bei den letzteren Basen, nämlich Kali und Kalk, noch weit weniger annehmbar zu sein. Ich lasse die hier angeregte Frage vorläufig noch unerörtert und suche lieber die Ursachen zu ergründen, welche eine wirkliche Verschiedenheit in der procentischen Zusammensetzung der Asche einer bestimmten Pflanze bedingen. Wenn diese Ursachen als einfach und natürlich sich herausstellen, so fällt die jedenfalls sehr gezwungene Annahme einer Vertretung der Mineralbasen von selbst, eine Vertretung, die auch auf die Mineralsäuren ausgedehnt werden müßte, denn die Analysen zeigen verhältnißmäßig ebenso bedeutende Schwankungen in dem Chlor-, Schwefelsäure- und Kieselsäuregehalte.

Ursachen der Abweichungen in der Zusammensetzung der Asche.

Die Ursache der wirklich vorhandenen Schwankungen in der Zusammensetzung der Asche eines gewissen Pflanzentheiles ist ohne Zweifel vorzugsweise in den Bodenverhältnissen, und zwar sowohl in den physikalischen wie in den chemischen Eigenschaften der Ackerkrume und des Untergrundes zu suchen. Um den Einfluß des Bodens auf die Aschenbestandtheile der auf demselben gewachsenen Pflanzen genau nachzuweisen, genügt es keineswegs Analysen des Bodens und der Pflanzenasche anzustellen; die Erfahrung hat vielfach gezeigt, daß auf diesem Wege kein sicheres Resultat erlangt werden kann, besonders aus dem Grunde, weil eine chemische Untersuchung des Bodens niemals zu einer genauen Feststellung der jedesmaligen Fruchtbarkeit und nicht einmal dahin führen kann, zu bestimmen, wie viel der vorhandenen Mineralstoffe und welche derselben während der Vegetationsperiode einer bestimmten Pflanze in den auflöslichen und durch die Wurzeln aufnehmbaren Zustand übergehen kann. Man muß vielmehr zur Lösung der vorliegenden, sowohl practisch wie physiologisch überaus wichtigen Frage mit der Analyse die Synthese verbinden und zwar in der Weise, daß man zu einem vorhandenen, in chemischer, wie in physikalischer Hinsicht durchaus gleichmäßigen Boden, einzelne auflösliche Mineralsalze in großer Quantität zusetzt und nun die Asche der unter diesen Einflüssen

gewachsenen Pflanzen analysirt und die Resultate mit der Zusammensetzung der Asche derselben Pflanzenart vergleicht, die auf demselben Boden, aber ohne Zusatz der betreffenden Mineralsubstanz gewachsen ist. Auf diese Weise erhält man die Wirkung jeder einzelnen Mineralsubstanz für sich allein, frei von der Mitwirkung gewisser Boden- und klimatischer Verhältnisse. Nach dieser Methode habe ich eine große Menge von Versuchen und Untersuchungen ausgeführt, deren bisher erlangten Resultate, soweit sie überhaupt hierher gehören, im Folgenden Erwähnung finden mögen.

Einfluß der auflöslichen Mineralstoffe des Bodens.

Es wurde ein kleines Beet eines gewöhnlichen lehmig-sandigen Ackerlandes, welches schon an sich in gutem Düngzustande sich befand, mit einer verhältnißmäßig sehr bedeutenden Quantität Kochsalz überstreut und dieses oberflächlich mit der Ackerkrume vermischt; ein anderes Beet desselben Ackers wurde mit Salpeter, ein drittes mit Pottasche, ein viertes mit Bittersalz, ein fünftes mit gebranntem und zu Pulver zerfallenem Kalk in großer Menge überstreut und gemischt; ein sechstes Beet endlich blieb in seinem natürlichen Zustande ohne jeglichen Zusatz. Auf diesen Beeten wurde Buchweizen gezogen, welcher nur auf dem ersten Beete, also unter dem Einfluß des Kochsalzes eine kümmerliche Vegetation zeigte, dagegen auf allen übrigen Beeten sehr üppig sich entwickelte, obgleich auch hier Verschiedenheiten vorkamen, deren nähere Erörterung jedoch nicht hier, sondern an einem anderen Orte dieses Werkes, nämlich in der Düngerlehre, Platz finden wird. Die Asche des Buchweizenstrohes wurde einer sorgfältigen Analyse unterworfen, nachdem die Blätter vor der Einäscherung vollständig entfernt worden waren, so daß also die hier mitgetheilten Analysen sich nur auf die Stengel des Buchweizens beziehen. Die directe Untersuchung ergab folgende procentische Zusammensetzung:

Bei der Cultur des Buchweizens.

	1. Kochsalz.	2. Salpeter.	3. Pottasche.	4. Bittersalz.	5. Kalk.	6. Ohne Zusatz.
Kali . . .	21,6	39,6	40,5	28,2	23,9	31,7
Chlorkalium .	26,9	0,8	3,1	6,9	9,7	7,4
Chlornatrium .	3,0	3,2	3,8	3,4	1,7	4,6
Kalk . . .	14,0	12,8	11,6	14,1	18,6	15,7
Magnesia . .	1,9	3,3	1,4	4,7	4,2	1,7
Schwefelsäure	2,8	2,7	4,3	7,1	3,5	4,7
Phosphorsäure	9,5	6,5	8,9	10,9	10,0	10,3
Kohlensäure .	16,1	27,1	22,2	20,0	23,2	20,4
Kieselsäure . .	4,2	4,2	4,2	4,8	5,2	3,6
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Die Kohlensäure ist hier von der Gesammtmenge der Asche nicht in Abzug gebracht worden, da diese Analysen nur unter sich und nicht mit den früher angeführten vergleichbar zu sein brauchten. Die Menge der Phosphorsäure variirt in diesen Analysen zwischen 6,5 und 11 Proc., die des Kalkes zwischen 11,5 und 18,5 Proc., am meisten jedoch die der Alkalien, nämlich zwischen 30 und 45 Proc., wobei die auffallende Thatsache sich herausgestellt hat, daß in dem Erdboden eine Umsetzung zwischen dem Kochsalze oder Chlornatrium und den Kalisalzen stattgefunden hat, und daß das Chlor nicht in Verbindung mit Natrium, sondern mit Kalium vereinigt von der Pflanze aufgenommen worden ist. Hieraus sieht man ganz besonders deutlich, eine wie geringe Anziehung die Pflanze zu dem Natron äußert, obgleich dieses in sehr großer Menge im auflöslichen Zustande zugegen war, und daß also wenigstens von einer Vertretung des Kalis durch das Natron ganz und gar nicht die Rede sein kann. Die gefundenen Abweichungen in den Aschen des Buchweizenstrohes lassen sich fast vollständig durch eine einfache Reduction ausgleichen, indem man nämlich bei jeder Asche, außer der Normalasche (6.), einen gewissen Bestandtheil in bestimmter Menge in Abzug bringt, und die zurückbleibenden Quantitäten wieder auf 100 Theile berechnet. Man erhält nämlich:

Nach Abzug von:	1. 20 Proc. Chlorkalium.	2. 20 Proc. kohlens. Kali.	3. 25 Proc. kohlens. Kali.	4. 8,5 Proc. schwefels. Magnesia.	5. 16,6 Proc. kohlens. Erden.	6.
Kali . .	27,0	32,5	33,5	30,6	28,0	31,7
Chlorkalium	9,1	1,0	3,9	7,4	11,3	7,4
Chlornatrium	3,8	4,0	4,7	3,7	1,9	4,6
Kalk . .	17,3	16,0	14,5	15,3	14,6	15,7
Magnesia .	2,4	4,1	1,7	2,3	2,9	1,7
Schwefelsäure	3,5	3,4	5,4	2,1	4,1	4,7
Phosphorsäure	11,7	8,1	11,2	11,8	11,7	10,3
Kohlensäure	20,1	25,9	19,8	21,6	19,3	20,4
Kieselsäure	5,2	5,2	5,3	5,2	6,1	3,6
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Man sieht also, daß hier die Uebereinstimmung in der Zusammensetzung so vollständig ist, wie sie bei einer Substanz, wie das Stroh des Buchweizens ist, nur verlangt werden kann; die Abweichungen, die noch sichtbar sind, betreffen allein die überall so sehr veränderlichen

Mengen an Chlor und Schwefelsäure; wenn man diese für alle Analysen auf eine bestimmte Größe reducirte, so würden die Verschiedenheiten auf das Vollkommenste aufgehoben werden und nur in Nr. 2 ein etwas niedrigerer Phosphorsäuregehalt als in den übrigen Analysen sich herausstellen, aus Ursachen, welche in dem sehr stickstoffhaltigen Dünger des Salpeters zu suchen sind.

Die folgenden Analysen von Gerstenstroh beziehen sich auf ein Material, welches unter ganz analogen Verhältnissen, wie das Buchweizenstroh producirt worden war, nämlich nach der Düngung mit den in der Uebersicht angegebenen Mineralstoffen. Durch Kochsalz, Salpeter und Kali war eine außerordentlich üppige Entwickelung der Gerstenpflanze bewirkt worden, jedoch mit dem Unterschiede, daß die durch Kali hervorgebrachte vermehrte Production allein die Strohbildung betraf; bei Anwendung von Salpeter wurde vorzugsweise der Strohertrag erhöht, die Körnermenge bei weitem nicht im gleichen Grade, die günstige Wirkung des Kochsalzes aber erstreckte sich ganz gleichmäßig auf die Stroh- und Körnerbildung, also auf die Vegetation der ganzen Pflanze. Die directe Analyse lieferte die folgenden Resultate: Einfluß der Mineralsalze bei der Cultur der Gerste.

	1. Kochsalz.	2. Salpeter.	3. Soda.	4. Pottasche.	5. Bittersalz.	6. Glaubersalz.	7. Kalk.	8. Ohne Zusatz.
Kali . .	23,7	34,8	20,6	30,3	26,5	23,1	24,5	20,4
Natron . .	6,9	2,8	5,0	2,9	2,4	4,0	1,0	3,5
Kalk . .	5,2	7,4	5,6	5,9	5,1	5,3	6,8	5,8
Magnesia .	1,4	1,5	1,5	1,4	1,8	1,4	2,2	1,6
Schwefelsäure	2,4	3,4	3,7	3,3	6,9	6,7	3,3	3,2
Phosphorsäure	2,6	3,2	3,4	3,3	3,2	3,2	3,2	3,8
Kohlensäure*)	18,6	21,8	15,2	18,0	13,7	13,9	16,1	14,3
Kieselsäure .	39,2	25,1	45,0	34,9	40,5	42,4	43,0	47,4
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

*) In den Analysen der Asche von Gräsern wird nirgends Kohlensäure angeführt. Es ist natürlich, daß keine Kohlensäure gefunden werden kann, wenn die Asche nach heftigem Glühen untersucht wird; denn in der Glühhitze wird die Kohlensäure aus ihren Verbindungen bekanntlich durch die hier in reichlicher Menge vorhandene Kieselsäure ausgetrieben. Verkohlt man dagegen das Getreidestroh bei möglichst niedriger Temperatur und zieht die so gewonnene Kohle mit Wasser aus, so bemerkt man nach der Concentration der wässerigen Lösung bei dem Zusatz von Säure sehr deutlich ein lebhaftes Aufbrausen und die Entweichung von Kohlensäuregas. Es ist

Der Kaligehalt variirt in diesen Strohaschen wiederum von 20 bis 35 Proc. und noch bedeutender die Kieselsäuremenge, denn diese beträgt in der Analyse Nr. 2 nur 25 Proc., dagegen in Nr. 8 über 47 Procent. Auch hier kann man die Normalzusammensetzung der Asche Nr. 8 sehr leicht wieder herstellen, wenn man mit den Analysen folgende einfache Reductionen vornimmt. In der Analyse Nr. 1 werden von der ganzen Asche 6,5 Proc. kohlensaures Natron und 6 Proc. kohlensaures Kali in Abzug gebracht; in Nr. 2 16,5 Proc. kohlensaures Kali abgezogen, dagegen wiederum 25 Proc. Kieselsäure hinzugefügt; in Nr. 3 werden 3 Proc. kohlensaures Natron abgezogen; in Nr. 4 15,5 Proc. kohlensaures Kali abgezogen und 5 Proc. Kieselsäure hinzugefügt; in Nr. 5 sind 9 Proc. schwefelsaures Kali abzuziehen; in Nr. 6 ferner 5 Proc. schwefelsaures Kali und 2,5 Proc. schwefelsaures Natron und in Nr. 7 endlich 2,5 kohlensaure Proc. Erden. Nach dieser Reduction erhält man die folgende normale Zusammensetzung sämmtlicher Aschen:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Kali . . .	22,4	21,6	21,2	21,9	23,7	22,2	25,1	20,4
Natron . .	3,5	2,6	3,5	3,3	2,6	3,1	1,0	3,5
Kalk . . .	6,0	6,8	5,8	6,6	5,6	5,7	6,1	5,8
Magnesia .	1,6	1,4	1,5	1,6	2,0	1,5	1,9	1,6
Schwefelsäure	2,8	3,1	3,8	3,7	3,0	3,3	3,4	3,2
Phosphorsäure	3,0	3,0	3,5	3,7	3,6	3,4	3,3	3,9
Kohlensäure .	16,0	15,2	14,4	14,5	15,0	15,0	15,3	14,3
Kieselsäure .	44,9	46,3	46,4	44,9	44,5	45,8	44,0	47,4
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100.0

Die Genauigkeit der Uebereinstimmung läßt in der That nichts zu wünschen übrig und ist hier noch weit vollkommner, als sie oben bei dem Buchweizenstroh gefunden wurde. Es ist hier bemerkenswerth, daß überall fast keine Spur von Chlor in der Asche aufgefunden wurde, ungeachtet andere Analysen einen nicht unbedeutenden Gehalt an diesem Stoffe angeben und ungeachtet in Nr. 1 mit Kochsalz, also einer sehr chlorhaltigen Substanz noch besonders gedüngt worden war. Ferner

hier, wie es durchaus geschehen muß, die Kieselsäure als im völlig isolirten und ausgeschiedenen Zustande angenommen und sodann die Menge der Kohlensäure nach der durch die Analyse gefundenen Quantität an basischen Aschenbestandtheilen berechnet worden.

sehen wir in Nr. 1 und Nr. 6, daß troß der Natrondüngung doch eine nur geringe Quantität Natron in die Pflanze übergegangen ist, dagegen wiederum ein Ueberschuß von Kali aufgenommen wurde, ja in Nr. 5 bemerken wir keine Zunahme an Magnesia durch die Düngung mit Bittersalz, dagegen aber eine vermehrte Aufnahme von schwefelsaurem Kali. Es ist also klar, daß das schwefelsaure Natron, ebenso wie die schwefelsaure Magnesia erst ganz oder theilweise in dem Boden mit den vorhandenen Kalisalzen eine Umsetzung erleiden muß und daß die Schwefelsäure hier vorzugsweise nur in Verbindung mit Kali aufgenommen wird. Wir sehen daher hier wiederum die Thatsache auf eine überraschende Weise bestätigt, daß weder das Natron noch die Magnesia im Stande ist das Kali in der Pflanzenasche zu vertreten und daß ganz dasselbe hinsichtlich des Kalkes stattfindet, ergiebt sich schon aus einem flüchtigen Blick auf die Zusammensetzung der Asche der unter dem Einfluß des Kalkes gewachsenen Pflanze auf das Deutlichste. Eine gegenseitige Vertretung der Basen findet nirgends statt, oder doch nur innerhalb so enger Gränzen, daß hierauf gar kein Gewicht gelegt werden kann, zumal wenn man bedenkt, daß die Verunreinigung des untersuchten Materiales, die Mangelhaftigkeit der Methode und die Ungeschicklichkeit des Analytikers die Gränzen dieser scheinbaren Vertretung wahrscheinlich noch enger werden ziehen lassen.

Ungültigkeit des Liebig'schen Gesetzes für die meisten Pflanzentheile.

Die hier kurz mitgetheilten Untersuchungen beweisen, daß die Pflanzen unter geeigneten Verhältnissen eine bedeutend größere Quantität ganz besonders an Kalisalzen aufzunehmen vermögen; hiermit steht allerdings auch eine vermehrte Production an vegetabilischer Substanz in directer Verbindung. Jedoch ist troß dieser Zunahme an Pflanzensubstanz immer noch ein bedeutender Ueberschuß an Kalisalzen in den unter deren Einwirkung gewachsenen Pflanzen vorhanden, ein Ueberschuß, welcher bis zu $^1/_5$ und sogar $^1/_4$ von dem Gewichte der ganzen Asche betragen kann. Wenn aber solche Schwankungen stattfinden, wie kann man da noch von einer ganz bestimmten Quantität Sauerstoff sprechen, welche in den basischen Bestandtheilen der Asche einer und derselben Pflanzensubstanz unveränderlich vorhanden sein soll? Wenn z. B. das Buchweizenstroh in 1000 Th. 40 Th. Asche enthält, so sind in dieser bei normaler Entwicklung der Pflanze in den an Kohlensäure gebundenen Mineralbasen 2,99 Th. Sauerstoff enthalten; wird nun von der Pflanze noch $^1/_4$ des Gewichtes der ganzen Asche an kohlensaurem Kali aufgenommen, so steigt damit nun der Sauerstoffgehalt

der in der Asche an Kohlensäure gebundenen Basen auf 4,15 Th., eine Zahl, welche über 1/3 höher ist, als die zuerst angegebene und also auf keinerlei Weise mit jener eine Uebereinstimmung zeigt. Es ist nämlich klar, daß die Annahme eines bestimmten Sauerstoffverhältnisses nur einen Sinn hat, wenn man dasselbe auf ein bestimmtes Gewicht der vegetabilischen Substanz bezieht, weil eben behauptet worden ist, daß die letztere in einem gewissen atomistischen Verhältnisse zu den Mineralbasen stehe. Unmöglich kann man aus 100 Th. der Asche den Sauerstoffgehalt der an Kohlensäure gebundenen Mineralbasen berechnen wollen, und wenn man es thut, so findet man auch die allergrößten Abweichungen, das eine Mal zuweilen doppelt so viel als das andere Mal. In den von Fresenius und Will ausgeführten Analysen der Blätter des ungarischen Tabaks variirt der Sauerstoffgehalt der Basen in 100 Th. der Asche z. B. von 15,5 bis zu fast 22 Proc. und so überall. Ein sich mehr gleichbleibendes Verhältniß erhält man allerdings, wenn man die an Kohlensäure gebundenen Basen für sich wiederum auf 100 Th. berechnet und nun untersucht, wie viel Sauerstoffprocente vorhanden sind. So findet man, nach zahlreichen von mir ausgeführten Analysen, für die Spergelpflanze (ohne Samen) das Verhältniß = 24,30, für das Gerstenstroh (nach der oben angeführten Reduction) = 20,83, für das Roggenstroh = 20,80, die beiden letzteren also unter sich übereinstimmend. Aber dasselbe Verhältniß rechnet man ebenfalls bei dem Buchweizenstroh, nämlich 20,87 heraus, obgleich doch die Getreidepflanzen und der Buchweizen in ihrer ganzen organischen Structur unendlich weit von einander verschieden sind. Ebenso findet man für die von mir untersuchten Aschen der verschiedenen Theile des Roßkastanienbaumes die folgenden Zahlen:

Rinde	27,64	Staubfäden . . .	19,06
Holz	25,65	Blumenblätter . .	19,28
Blätter	24,88	Grüne Früchte . .	18,75
Blattstengel . . .	21,84	Kerne der reifen Frucht	17,93
Blüthenstengel . .	18,07	Grüne Schale d. Frucht	18,14
Kelchtheile	19,75	Braune „ „ „	20,52

In runden Zahlen sind also diese Verhältnisse folgendermaßen auszudrücken: Für die Rinde = 27, für Holz und Blätter = 24, für Blattstengel und braune Schale der Frucht = 21, für alle übrigen Blüthen- und Fruchttheile = 18. Man sieht aber gar nicht, wozu

dergleichen Berechnungen nützen sollen, da doch, wenn auch einfache Verhältnisse aufgefunden werden, diese nur zufällig sein können. Die Asche der Rinde nämlich besteht, wie wir gesehen haben, aus reinem kohlensauren Kalke, während die übrigen Bestandtheile nicht der eigentlichen Rinde, sondern dem Safte angehören, welcher derselben mechanisch anklebt oder sie durchdringt. In den Blättern scheidet sich fortwährend Kalk und Kieselsäure aus, alle Theile der Pflanze verändern während der verschiedenen Entwicklungsperioden beständig relativ und absolut die Verhältnisse ihrer Aschenbestandtheile, in dem Safte der Pflanze sind offenbar zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Verhältnissen in verschiedener Menge neben den Chlor- und schwefelsauren Alkalien auch kohlensaure Alkalien zugegen, es scheidet sich in gewissen Pflanzentheilen Kalk in Verbindung mit Kohlensäure im festen Zustande aus, man weiß also durchaus nicht, wie viel man in der betreffenden Asche von den gefundenen kohlensauren Verbindungen als in der lebenden Pflanze schon fertig gebildet anzusehen hat und wie viel vorher als pflanzensaures Salz oder vielleicht in chemischer Verbindung mit der Holzfaser, Stärke, dem Zucker u. s. w. existirte. Mit Einem Worte: das Liebig'sche Gesetz von der Vertretung der Basen und von einem unveränderlichen Sauerstoffverhältniß in den Mineralbasen der Pflanzenasche findet weder in der Theorie Begründung noch in der Erfahrung Bestätigung.

Ueberaus wichtig aber in praktischer sowohl als in wissenschaftlicher Beziehung wäre es, wenn man wirklich das Verhältniß zwischen den in der Pflanze gegenwärtigen Mineralstoffen und der vegetabilischen Substanz im Einzelnen wie im Allgemeinen feststellen und wo möglich den Grad der Abhängigkeit der letzteren von der ersteren nachweisen könnte. Leider besitzen wir über diesen Gegenstand fast noch gar keine brauchbaren Untersuchungen, es ist hier ein weites noch unangebautes Feld, welches hoffentlich schon in nächster Zukunft in Cultur genommen werden und dann unzweifelhaft die lohnendsten Erträge liefern wird. Ich glaube, man muß in der Pflanzenasche zwischen wesentlichen und unwesentlichen Bestandtheilen streng unterscheiden; wüßten wir die ersteren von den letzteren überall genau zu trennen, so würden jene gewiß auch weit einfachere Verhältnisse unter sich und in ihrer Beziehung zu den organisch-vegetabilischen Substanzen nachweisen lassen. Als wesentlich betrachte ich unter den Aschenbestandtheilen die an Kohlensäure und Phosphorsäure gebundenen Alkalien, für wesentlich halte ich ferner

Unterscheidung zwischen wesentlichen und zufälligen Aschenbestandtheilen.

einen großen Theil des phosphorsauren Kalkes, obgleich diese Verbindung wohl nicht direct bei der Entstehung von vegetabilischen Substanzen thätig mitwirkt, sondern hauptsächlich, weil dieses Salz nach seiner Umsetzung in Berührung mit Kalisalzen den Phosphor oder die Phosphorsäure liefert, welche offenbar namentlich zur Frucht- und Samenbildung nöthig ist. Der kohlensaure Kalk kann nur zum Theil als wesentlich zur Constitution der Asche angesehen werden, da ein größerer oder geringerer Theil desselben schon in der lebenden Pflanze fertig gebildet vorkommt und sich im festen Zustande ausgeschieden hat. Die schwefelsauren Salze sind, meiner Ueberzeugung zufolge, bei weitem zum größten Theile überflüssig, nur eine geringe Menge derselben hat wirklich Antheil an der Bildung der organischen Masse, der größere Theil wird mechanisch aufgenommen und geht unverändert durch die Pflanze hindurch, um mit den Blättern wieder dem Boden zugeführt zu werden; die außerordentlich wechselnde Menge der Schwefelsäure in einer und derselben Pflanzenasche beweist die Richtigkeit der aufgestellten Behauptung. Noch unwichtiger sind die Chlorverbindungen für die meisten Pflanzen, sie bilden keine directen Nahrungsstoffe, die Pflanze kann sich oft auf das Ueppigste und Vollkommenste entwickeln, ohne daß eine Spur von Chlor in ihren Organismus übertritt. Ebenso endlich ist die Kieselsäure ein völlig unwesentlicher Bestandtheil für die Stoffbildung in der Pflanze, sie nimmt an der letzteren keinen directen Antheil, sondern wird sehr bald nach ihrem Eintritt in die Pflanze in unlöslicher Form in den äußeren Schichten des Stengels oder in den Blättern wieder abgeschieden. Es ist kaum nöthig zu erwähnen, daß hier nur von der directen oder chemischen Wirkung der Mineralsubstanzen auf die sich entwickelnde vegetabilische Masse die Rede ist; denn in mechanischer Hinsicht ist die Kieselsäure für viele Pflanzen, ganz besonders für alle Gräser ein sehr wichtiger und unentbehrlicher Stoff, insofern nur durch die Gegenwart und die Ausscheidung derselben diesen Gewächsen die erforderliche Festigkeit und Steifheit verliehen wird, ohne welche sie unter dem Einfluß des Windes und des Regens umfallen und hierdurch in ihrem Wachsthum und ihrer Entwicklung eine mechanische Störung erleiden würden. Aus diesem Grunde kann die Menge der in eine Pflanze eintretenden Kieselsäure, je nach den Boden-, Düngungs- und klimatischen Verhältnissen so beträchtlichen Schwankungen unterliegen, ohne daß dadurch eine Störung in der Entwicklung der Pflanze selbst stattfindet, wie es z. B. bei dem Mangel an Kali

oder Phosphorsäure der Fall sein würde. Die Blätter, der Stengel, das Holz, die Rinde und überhaupt alle Theile der Pflanze, außer der Frucht, können mit nur wenigen Ausnahmen niemals dazu dienen, um das gegenseitige Verhältniß zwischen der vegetabilischen Masse und der Mineralsubstanz in bestimmten Zahlen festzustellen, weil die letztere in diesen Theilen zu vielfachen Schwankungen in ihrer Zusammensetzung unterworfen ist. Nur die Frucht oder vielmehr die Samenkörner können in dieser Hinsicht einen Anhaltepunkt geben, indem bei diesen namentlich die procentische Zusammensetzung der Asche weit weniger bedeutenden Schwankungen unterworfen ist und weil wir auch nur von diesem Theile der Pflanze einigermaßen zuverlässige Angaben über den Gehalt an den verschiedenen organischen Substanzen besitzen. Die Asche aller Samenkörner besteht entweder einzig und allein, oder doch zum großen Theile aus phosphorsauren Salzen der Alkalien und alkalischen Erden. Betrachten wir zunächst das Sauerstoffverhältniß zwischen der Phosphorsäure und den vorhandenen Mineralbasen, so erhalten wir für die verschiedenen Pflanzenfamilien, mit Zugrundelegung der oben angegebenen analytischen Resultate, folgende Zahlen.

Constante Verhältnisse in den Samenkörnern.

Sauerstoffverhältniß zwischen der Phosphorsäure und den Basen.

1000 Theile der Samen enthalten:

	Basische Stoffe.	Phosphorsäure.	Sauerstoff der Basen.	Sauerstoff der Phosphorsäure.	Sauerstoffverhältniß der Basen und Säure.
Hafer, geschält	9,16	9,84	2,14	5,48	1,95 : 5
Roggen . .	9,60	9,48	2,19	5,31	2,06 : 5
Weizen . .	9,48	9,66	2,30	5,41	2,13 : 5
Buchweizen .	9,80	10,69	2,49	5,99	2,07 : 5
Erbsen . .	16,96	11,39	3,60	6,34	2,84 : 5
Saubohnen .	24,72	14,32	5,22	8,02	3,26 : 5
Wicken . .	13,27	9,24	2,82	5,17	2,74 : 5
Linsen . .	11,74	7,48	2,18	4,19	2,60 : 5
Raps . . .	23,36	19,88	6,09	11,13	2,69 : 5
Lein . . .	22,89	19,49	5,67	10,91	2,60 : 5
Senf . . .	20,89	15,71	5,82	8,80	3,31 : 5
Hanf . . .	28,06	21,06	7,31	11,80	3,10 : 5
Traubenkerne .	18,91	7,45	4,71	4,17	5,67 : 5
Roßkastanie .	19,94	6,38	3,78	3,57	5,32 : 5
Kiefernsamen .	20,35	22,95	5,26	12,86	2,05 : 5
Fichtensamen .	21,20	18,32	5,60	10,26	2,73 : 5

Es verhält sich der Sauerstoff der Basen zu dem der Säure in der Samenasche der Getreidearten genau, wie 2: 5, woraus sich ergiebt, daß in diesen Aschen sogenannte zweibasische phosphorsaure Salze zugegen sind, deren Zusammensetzungsformel = $(RO)^2 + Ph^2O^5$ ist; dasselbe Verhältniß ist ebenfalls in der Samenasche des Buchweizens aufgefunden worden, es ist das der gewöhnlichen phosphorsauren Salze. Es folgt aus dieser Zusammensetzung der Asche natürlich keineswegs, daß die zweibasischen phosphorsauren Salze wirklich als solche in den Samenkörnern enthalten seien, es ist dieses zum Theile wenigstens entschieden nicht der Fall, denn der Phosphor geht hier theilweise als wesentlicher Bestandtheil in die Zusammensetzung der stickstoffhaltigen, sogenannten Proteinverbindungen ein und wird erst bei der Verbrennung wiederum zu Phosphorsäure oxydirt, als welche man ihn vollständig in der Asche vorfindet. Wohl aber ergiebt sich aus der gefundenen Zusammensetzung der Asche, daß die phosphorsauren Salze (Erden und Alkalien) bei den Gräsern und dem Buchweizen als zweibasische Salze in das sich bildende Samenkorn eintreten und ferner, daß, wenn hier ein Theil oder die ganze Menge des Phosphors reducirt und zu der Bildung der stickstoffhaltigen Pflanzenstoffe verwendet wird, daß auch dann die basischen Mineralkörper in unveränderter Menge in dem Samenkorne zurückbleiben und bei der Einäscherung wieder zu der Entstehung derselben phosphorsauren Verbindungen die Veranlassung geben, wie sie vor ihrer Umwandlung in den Samenkörnern oder anderswo vorhanden waren.

In den Samen der Hülsen- und Oelfrüchte ist das Sauerstoffverhältniß im Mittel = 3 : 5, obgleich hier sehr bedeutende Schwankungen um dieses Verhältniß herum stattfinden. Es finden sich also in der Asche dieser Samen dreibasische phosphorsaure Salze; man darf aber keineswegs hieraus schließen, daß diese Salze wirklich als solche in den Samen vorhanden oder in die letzteren eingetreten wären. Die phosphorsauren Verbindungen sind überall in der Pflanze als zweibasische zugegen, es ist ganz und gar kein Grund vorhanden, weswegen diese unter gewissen Umständen in dreibasische übergehen sollten. Wenn wir also in den Samenaschen der Hülsen- und Oelfrüchte dreibasische Salze finden, so können diese erst bei der Einäscherung entstanden sein und es ergiebt sich, daß hier außer den gewöhnlichen phosphorsauren Salzen, welche bei den Gräsern, dem Buchweizen und noch anderen Pflanzen einzig und allein an der Bildung des Samens Antheil nehmen, noch andere Salze

und zwar schwefelsaure und kohlensaure (pflanzensaure) Verbindungen bei der Stoffbildung in den Samen der angeführten Pflanzenfamilien thätig waren. Hierdurch mußte natürlich ein Ueberschuß an basischen Mineralstoffen im Verhältniß zu der vorhandenen Phosphorsäure bewirkt werden und bei dieser Annahme erklärt sich auch, weswegen das Sauerstoffverhältniß in den Samenkörnern einer und derselben Pflanzenfamilie so bedeutenden Schwankungen unterworfen ist; bei den Bohnen z. B. ist ein größerer Ueberschuß an Mineralbasen zugegen als in den Erbsen, in diesem wiederum mehr als in den Wicken und Linsen, im Hanf und Senf ist das Verhältniß zu Gunsten der Basen höher als in dem Lein und in diesem wieder höher als in dem Raps. Die Annahme des Eintretens noch anderer Mineralverbindungen außer den phosphorsauren Salzen in die Samen vieler Pflanzen wird vollkommen zur Gewißheit, wenn man den großen Ueberschuß der basischen Stoffe in den Traubenkernen und ganz besonders in den mehlreichen Früchten der Roßkastanie und der ihr ganz ähnlich sich verhaltenden Eiche ins Auge faßt. Nimmt man nun, wie es geschehen muß, die phosphorsauren Salze auch in den Hülsen- und Oelfrüchten als zweibasische an und berechnet, wie viel an basischen Stoffen, welche wir hier der einfachen Rechnung wegen als nur aus Kali bestehend ansehen wollen, übrig bleiben, so erhält man die folgenden Zahlen, für 1000 Theile der wasserfreien Samensubstanz: Ueberschuß an basischen Stoffen in der Samenasche.

	Sauerstoff d. Basen.	Als Kali berechnet.	In Proc. d. Asche.
Linsen . .	0,50	2,94	14,7
Wicken . .	0,76	4,47	18,6
Erbsen . .	1,06	6,23	21,3
Bohnen . .	2,02	11,95	29,9
Raps . .	1,63	9,59	22,0
Lein . .	1,77	10,41	23,5
Senf . .	2,30	13,54	32,3
Hanf . .	2,59	15,25	27,3
Kastanie .	2,36	13,89	49,6
Traubenkerne	3,05	17,96	65,1

Bemerkenswerth ist das einfache zunehmende Sauerstoffverhältniß bei den Hülsenfrüchten, und ferner, daß der Ueberschuß der Mineralbasen nicht bei allen Samen allein in dem Hinzutreten von Kaliverbin-

bungen zu suchen ist, sondern, daß auch die Salze der alkalischen Erden daran Antheil haben, wie aus der Vergleichung der hier gefundenen Zahlen mit den Resultaten der directen Analyse, namentlich bei dem Hanf und den Traubenkernen mit aller Klarheit hervortritt.

Mengenverhältniß zwischen den Mineral- und organischen Substanzen.

Die hier gefundenen Sauerstoffmengen mögen mit den wichtigeren organischen Bestandtheilen der Samen, so weit diese bisher untersucht worden sind, zur Vergleichung zusammengestellt werden.

1000 Theile getrockneter Samenkörper enthalten:

	Sauerstoff der überschüssigen Basen.	Schwefelgehalt.	Stickstoffgehalt.	Proteinverbindungen.	Stärke, Zucker rc.	Faser.
Linsen	0,50	1,10	44,0	290,6	543,7	139,4
Wicken	0,76	"	51,3	"	"	"
Erbsen	1,06	1,27	42,0	272,4	582,0	116,4
Bohnen	2,02	0,56	55,0	290,7	526,8	139,5
Raps	1,63	7,00	36,3	"	"	"
Lein	1,77	"	45,0	"	"	"
Senf	2,30	11,10	"	"	"	"

Es ist zwischen diesen Substanzen in keiner Weise bis jetzt ein einfaches Verhältniß ausfindig zu machen; freilich darf auch nicht unerwähnt bleiben, daß die betreffenden Analysen noch höchst mangelhaft und unzuverlässig sind.

Der Gehalt an Phosphorsäure und die Gesammtmenge des in den Mineralbasen gebundenen Sauerstoffes steht zu den vorhandenen stickstoffhaltigen und stickstofffreien organischen Stoffen, den Analysen zufolge, in dem folgenden Verhältniß.

1000 Theile enthalten:

	Phosphorsäure.	Sauerstoff der Basen.	Proteinverbindungen.	Stärke.	Faser.
Cerealien	9,71	2,21	175	580	150
Hülsenfrüchte (Erbsen u. Bohnen)	12,85	4,41	281	554	128
Oelfrüchte (Raps u. Lein) . .	19,69	6,11	245	700	

Im Allgemeinen nimmt der Gehalt an Proteinverbindungen mit der Menge der Phosphorsäure und der Alkalien zu, jedoch sind auch hier keine einfachen Verhältnisse aufzufinden und festzustellen.

Die Mengenvertheilung der Alkalien und der alkalischen Erden in den Samen verschiedener Pflanzen ersieht man aus den hier mitgetheilten Sauerstoffberechnungen. Sauerstoffverhältniß zwischen den Alkalien und den Erden.

In 1000 Theilen der Samen sind enthalten:

	Sauerstoff d. Alkalien.	Sauerstoff d. Erden.	Verhältniß beider Sauerstoffmengen.	
Hafer, geschält	1,07	1,07	1 : 1	
Roggen .	1,14	1,05	1,08 : 1	= 1 : 1
Weizen . .	1,02	1,28	0,80 : 1	
Erbsen . .	2,22	1,38	1,61 : 1	
Feldbohnen	3,22	2,00	1,61 : 1	= 3 : 2
Wicken . .	1,70	1,12	1,50 : 1	
Linsen . .	1,64	0,54	3,04 : 1	= 3 : 1
Buchweizen	1,23	1,26	0,98 : 1	= 1 : 1
Raps . .	1,91	4,18	0,46 : 1	= 1 : 2
Lein . .	2,33	3,34	0,69 : 1	
Senf . .	1,50	4,32	0,35 : 1	= 1 : 3
Hanf . .	1,88	5,43	0,35 : 1	
Fichtensamen	2,48	3,12	0,79 : 1	= 2 : 3
Kiefernsamen	2,07	3,19	0,65 : 1	
Traubenkerne	1,30	3,41	0,38 : 1	= 1 : 3
Roßkastanie	2,81	0,97	3,00 : 1	= 3 : 1

Diese Verhältnisse sind wirklich so einfach, namentlich bei den Analysen, welche als Mittel aus vielen zuverlässigen Untersuchungen unser Zutrauen verdienen, daß wohl darauf einiges Gewicht gelegt werden kann und es würde sich also dann ergeben, daß die Alkalien und alkalischen Erden in den Samen der Pflanze in einem gewissen gegenseitigen atomistischen Verhältnisse zu einander stehen und gerade in diesem Verhältnisse an der Bildung der organischen Substanz Antheil nehmen. Es läßt sich vorläufig nur feststellen, daß dieses Verhältniß bei den Cerealien mit ziemlicher Genauigkeit = 1 : 1 ist, bei der Mehrzahl der Hülsenfrüchte = 3 : 2 und bei den gewöhnlichsten Oelfrüchten im Mittel = 1 : 2. In wiefern dieses Verhältniß oder überhaupt die Zu- und Abnahme des

absoluten oder relativen Gehaltes der Samen an Alkalien und alkalischen Erden zu der Bildung der organischen Substanz selbst in irgend einer directen oder indirecten Beziehung steht, darüber sind wir noch völlig im Dunkeln. Wir begnügen uns hier damit, die verschiedenen Gesichtspunkte, unter welchen die Mineralbestandtheile der Pflanzen betrachtet werden können, kurz angedeutet zu haben und sprechen zum Schluß die Hoffnung und Erwartung aus, daß schon die nächste Zukunft mittels genauer und sorgfältiger Analysen über diesen in praktischer Beziehung sowohl als in wissenschaftlicher überaus wichtigen Gegenstand, neues und helleres Licht verbreiten möge und werde.

Mengenverhältniß zwischen dem Vegetationswasser und dem Aschengehalte.

In jeder lebenden Pflanze und in jedem Theile derselben befindet sich eine große Menge von Wasser, dessen Gegenwart zur Vermittelung der mannigfachen chemischen Prozesse, welche die Entwickelung der Pflanze bedingen, unentbehrlich ist. Dieses Wasser bezeichnet man mit dem Namen des Vegetationswassers; die Menge desselben ist je nach dem Grade der Entwickelung der Pflanze sehr verschieden, ja selbst auch in einer und derselben Vegetationsperiode in demselben Organe werden durch zufällige, äußere Boden- und Witterungsverhältnisse mannigfache Schwankungen bedingt. Das Mengenverhältniß des Vegetationswassers überhaupt und zu den in ihm aufgelösten Mineralsubstanzen kann daher ein nur sehr beschränktes physiologisches Interesse darbieten und nur dann einige Aufmerksamkeit verdienen, wenn man dieses Verhältniß in allen verschiedenen Theilen einer bestimmten Pflanze zu einer bestimmten Vegetationsperiode betrachtet, und zwar vorzugsweise, wenn man die Pflanzentheile in ihrem mehr jugendlichen Alter ins Auge faßt, so lange sie nämlich noch ihre ganze Saftigkeit besitzen und wahrscheinlich auch die ganze Menge der vorhandenen Mineralsubstanz in dem Vegetationswasser aufgelöst enthalten ist. Mit dem zunehmenden Alter nimmt der Gehalt an Feuchtigkeit bekanntlich ab, und zu gleicher Zeit findet alsdann auch eine Ausscheidung gewisser Mineralverbindungen statt, indem z. B. der kohlensaure Kalk und namentlich auch die Kieselsäure großentheils in den festen Zustand übergehen und also aus ihrer Auflösung im Pflanzensafte austreten. Alsdann ist natürlich das Verhältniß des Wassers zu den in ihm noch aufgelöst zurückgebliebenen Mineralstoffen gar nicht mehr festzustellen. Für die verschiedenen Theile des Roßkastanienbaumes habe ich das Verhältniß zwischen dem Vegetationswasser und den in demselben aufgelösten feuerfesten Salzen bestimmt:

Bei dem Roßkastanienbaume.

	Vegetationswasser.	Asche in 100 Th. der trocknen Substanz.	Asche in 100 Th. Wasser aufgelöst.
Holz, junges . .	48,45 Proc.	1,05 Proc.	1,12 = 1
Blattstengel . .	84,04 „	13,87 „	2,52 = 2,5
Blätter, junge . .	75,41 „	9,08 „	2,95 = 3
Blüthenstengel . .	85,21 „	11,36 „	1,96 = 2
Blumenblätter . .	86,67 „	6,10 „	0,95 = 1
Unreife Früchte . .	81,01 „	4,39 „	1,03 = 1
Reife Früchte:			
1. Kernsubstanz .	52,88 „	3,36 „	2,99 = 3
2. Grüne Schale	82,70 „	7,29 „	1,52 = 1,5

Ungeachtet die Blatt- und Blüthenstengel ungleich mehr Feuchtigkeit enthalten als das junge Holz, so ist dennoch der in jenen Theilen im ersten Frühjahre befindliche Saft concentrirter an Mineralverbindungen, als die das Holz durchdringende Flüssigkeit, obgleich diese aus dem Holze direct in die Blatt- und Blüthentheile übertritt und ungeachtet die Blattstengel fast genau ebenso viel Vegetationswasser enthalten als die Blüthenstengel, so ist doch in dem Safte jener mehr Mineralsubstanz aufgelöst als in der diese durchdringenden Feuchtigkeit. Die einfachen Verhältnisse von 1 : 2 : 2,5 : 3 sind überall so scharf und bestimmt ausgesprochen, daß dieselben wohl nicht als zufällig angesehen werden dürfen. Weitere Untersuchungen werden uns auch in dieser Hinsicht die einfachen Gesetze, welche gewiß für die Vertheilung der Mineralsubstanzen in der Pflanze existiren, auffinden und feststellen lassen.

Die Haferpflanze zeigt in ihren verschiedenen Vegetationsperioden folgende Verhältnisse, denen die directen Bestimmungen Norton's zu Grunde liegen. Unter Nr. 1 in der hier mitgetheilten Tabelle ist jedesmal die Menge des Vegetationswassers in der betreffenden vegetabilischen Substanz angegeben, unter Nr. 2 die Aschenquantität, welche in 100 Th. der getrockneten vegetabilischen Substanz enthalten ist und unter Nr. 3 die Aschenmenge im Verhältniß zu 100 Th. des Vegetationswassers: Bei der Haferpflanze.

	Blätter.			Stengel.		
	1.	2.	3.	1.	2.	3.
Am 4. Juni	80,5	10,8	13,4	87,0	10,5	12,0
„ 11. „	82,8	10,8	13,0	87,1	9,9	11,4

	Blätter.			Stengel.		
	1.	2.	3.	1.	2.	3.
Am 18. Juni	82,0	9,1	12,3	87,1	9,3	10,7
= 25. =	78,5	11,0	13,9	84,7	9,2	10,9
= 2. Juli	80,3	11,4	14,1	83,7	7,8	9,3
= 9. =	77,0	12,2	15,8	82,1	7,8	9,5
= 16. =	76,5	12,6	16,5	80,9	7,9	9,8
= 23. =	77,6	16,5	21,3	79,6	8,0	10,0
= 30. =	77,0	16,4	21,2	76,6	7,5	9,7
= 6. August	76,6	16,1	21,0	75,7	7,6	10,1
= 13. =	74,1	20,5	27,6	69,8	6,6	9,5
= 20. =	79,9	21,1	26,5	76,3	6,7	8,7
= 27. =	76,7	22,1	28,9	71,8	7,7	10,7
= 3. Sept.	24,6	20,9	85,4	71,7	8,4	11,7

	Knoten d. Halme.			Spreu (Spelzen).			Ungeschälter Hafer.		
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
Am 2. Juli	=	=	=	=	=	=	80,8	4,9	6,1
= 9. =	=	=	=	=	=	=	75,6	4,4	5,8
= 16. =	=	=	=	55,0	6,0	10,9	69,8	3,4	4,8
= 23. =	76,1	10,0	13,2	57,0	9,1	15,9	63,2	3,6	5,7
= 30. =	75,5	9,6	12,7	50,5	12,3	24,3	62,1	4,2	6,8
= 6. August	74,8	10,4	13,9	45,0	13,8	30,5	62,4	4,3	6,9
= 13. =	75,3	10,5	13,9	40,9	18,7	45,7	55,1	4,1	6,6
= 20. =	75,4	11,8	15,6	47,1	21,1	44,8	49,8	3,6	7,3
= 27. =	73,6	11,3	15,3	40,4	22,5	55,6	45,9	3,5	7,6
= 3. Sept.	70,7	10,7	15,1	22,0	27,5	125,0	30,7	3,7	11,6

Man sieht, daß die Verhältnisse zwischen dem Vegetationswasser und den Aschenprocenten im Allgemeinen einfacher und regelmäßiger sind, als die Aschenmengen unter sich. In den ersten drei Wochen der Vegetation des Hafers nimmt die Concentration des Pflanzensaftes in Betreff der Mineralstoffe nach und nach in den Blättern sowohl als in den Stengeln ab, nach dieser Zeit bemerkt man in den Blättern eine Zunahme des Aschengehaltes, wahrscheinlich weil jetzt erst die junge Pflanze die Fähigkeit gewinnt, eine größere Menge von auflöslichen Mineralstoffen dem Boden zu entziehen; in den Blättern steigt nun jener Gehalt ganz allmälig und durchaus regelmäßig, ohne daß die Wassermenge fällt,

bis zum 16. Juli, zwischen welchem Tage und dem 23. Juli eine sehr rasche, fast plötzliche Zunahme an Aschensubstanz bemerkt wird; in den folgenden drei Wochen hält sich die Aschenmenge genau auf gleicher Höhe, bis sie zwischen dem 6. und 13. Aug. wiederum sehr rasch steigt und die mit dem 13. August erreichte Höhe drei Wochen lang bis zur Reife bewahrt. Es ist gewiß auffallend, daß hinsichtlich des Verhältnisses zwischen der in den Blättern enthaltenen Aschenmenge und dem Vegetationswasser 4 gleich lange Perioden bei der Haferpflanze unterschieden werden können; die erste geht in dem hier mitgetheilten Beispiel vom 4. bis zum 25. Juni, die zweite bis zum 16. Juli, die dritte bis zum 6. Aug. und die vierte bis zum 27. August, von welchem Tage an mit der eintretenden Reife die ganze Pflanze sehr schnell abstirbt und also auch das Wasser verdampft, ohne wiederum ersetzt zu werden. In dem Stengel sind die angeführten Perioden nicht ausgedrückt, hier bleibt das Verhältniß zwischen Mineralsubstanz und Vegetationswasser vom 25. Juni an beständig fast ganz genau dasselbe, wenigstens mit nur unbedeutenden Schwankungen. Ein ähnliches Verhalten findet man auch in den Knoten der Halme, jedoch ist hier zwischen dem 13. und 20. Aug. eine fast plötzliche Steigerung eingetreten, so daß hierdurch zwei Perioden unterschieden werden. Die Spelzen des Hafers nehmen sehr rasch und fast ganz regelmäßig an Mineralsubstanz zu und zwar in einem weit höheren Grade, als daß diese Zunahme durch das gleichzeitig stattfindende Sinken des Vegetationswassers allein erklärt werden könnte. Das in Rede stehende Verhältniß bleibt in dem Samen während der ganzen Periode seiner Entwicklung ziemlich gleich, nur im Anfange bemerkt man vom 2. bis zum 16. Juli eine deutliche Verminderung des Aschengehaltes, dagegen von diesem Punkte an eine ganz langsame und nur sehr unbedeutende Steigerung, welche wohl in der zunehmenden Ansammlung von Mineralsubstanz in den äußeren Fruchthüllen oder den Schalen der Haferkörner ihre Ursache haben mag, so daß man als eine interessante Thatsache hinstellen kann: das Verhältniß zwischen dem Aschengehalt und dem Vegetationswasser bleibt in der Frucht während der ganzen Zeit ihrer Entwicklung unverändert dasselbe, ungeachtet die vorhandene Wassermenge stets und sehr bedeutend sich vermindert.

Zunahme des Gewichtes der Pflanze bei deren Entwicklung.

Es ist wichtig für die Aufklärung des ganzen Vegetationsprozesses, die Entwicklung der Pflanze in der Art zu verfolgen, daß nicht allein auf die procentische Zusammensetzung der organischen oder mineralischen Substanz Rücksicht genommen wird, sondern zu gleicher Zeit das abso-

lute Gewicht der einzelnen Bestandtheile für jede Pflanze oder das Gewichtsverhältniß zwischen den einzelnen Bestandtheilen und der ganzen Pflanze in den verschiedenen Perioden des Wachsthums genau bestimmt wird. Leider besitzen wir nur wenige und unvollständige Untersuchungen dieser Art, sie können nur als die ersten Anfänge späterer und umfassender Arbeiten betrachtet werden, welche sich zunächst auf alle unsere gewöhnlichen Culturpflanzen erstrecken müssen. Boussingault untersuchte die Weizenpflanze zu drei verschiedenen Perioden ihrer Vegetation, zuerst am 19. Mai, sodann am 9. Juni, als der Weizen in die Blüthe trat und endlich am 15. August zur Zeit der Reife; das Gewicht der einzelnen Theile für jede Pflanze betrug im Mittel:

Bei der Weizenpflanze.

	19. Mai.	9. Juni.	15. August.
Wurzeln	0,102 Grm.	0,222 Grm.	0,269 Grm.
Stengel und Blätter . . .	0,518 „	1,892 „	„ „
Aehren in Blüthe . . .	„ „	0,246 „	„ „
Körner	„ „	„ „	1,506 „
Aehren und Spreu . . .	„ „	„ „	0,342 „
Stroh	„ „	„ „	2,063 „
Gewicht d. getrockneten Pflanze	0,620 Grm.	2,360 Grm.	4,180 Grm.

Die näheren Bestandtheile der ganzen Pflanze in den verschiedenen Perioden waren:

Zeit der Vegetation.	Gewicht der getrockneten Pflanze.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Mineralsubstanz.
19. Mai . . .	0,62	0,232	0,036	0,318	0,011	0,023 Grm.
9. Juni . . .	2,36	0,904	0,146	1,230	0,021	0,059 „
Zunahme vom 19. Mai bis zum 9. Juni.	1,74	0,672	0,110	0,912	0,010	0,036 Grm.
15. August . .	4,18	1,576	0,286	2,112	0,038	0,168 Grm.
Zunahme vom 9. Juni bis zum 15. August.	1,82	0,672	0,140	0,882	0,017	0,109 Grm.

Bei der Wickenpflanze.

Schleiden und Schmid haben eine ähnliche Untersuchung hinsichtlich der Futterwicke mitgetheilt. Es wurde diese Pflanze zu vier verschiedenen Perioden ihrer Entwicklung untersucht; zuerst am 2. Juni, als die Pflanzen die ersten Blätter nach den Kotyledonen ziemlich entfaltet hatten, sodann am 12. Juli im Beginn der Blüthe, ferner etwas später, als die Schoten schon ziemlich ausgebildet, die Samen aber noch

unreif waren, und endlich am 3. September zur Zeit der völligen Reife. Das Gewicht der ganzen Pflanze betrug in der

	Trockne Substanz.	Organische Substanz.	Mineralsubstanz.		
1. Periode	0,0326	0,0303	0,0023 Grm.	=	7,06 Proc.
2. „	0,9220	0,8050	0,1170 „	=	12,79 „
3. „	1,5590	1,4130	0,1460 „	=	9,36 „
4. „	2,1820	2,0180	0,1640 „	=	7,51 „

Hiervon kommt auf die einzelnen Theile der Pflanze in der

1. Periode:

	Trockne Substanz.	Mineralsubstanz.	
Stengel .	0,0125	0,00076 Grm.	= 6,02 Proc.
Wurzeln .	0,0072	0,00071 „	= 8,98 „
Samenschalen	0,0044	0,00041 „	= 9,22 „
Kotyledonen	0,0085	0,00045 „	= 5,23 „
	0,0326	0,00233 Grm.	

3. Periode:

	Trockne Substanz.	Mineralsubstanz.	
Stengel und Wurzel	0,8760	0,10130 Grm.	= 10,58 Proc.
Samen . . .	0,3790	0,01590 „	= 4,21 „
Hülsen . . .	0,3040	0,02860 „	= 9,43 „
	1,5590	0,14580 Grm.	

4. Periode:

	Trockne Substanz.	Mineralsubstanz.	
Stengel und Wurzel	0,6890	0,08200 Grm.	= 11,90 Proc.
Samen . . .	1,0760	0,03700 „	= 3,44 „
Hülsen . . .	0,4160	0,04400 „	= 10,78 „
	2,1810	0,16400 Grm.	

Ein Samenkorn wiegt im Mittel 0,04598 Grm., worin 0,04440 organischer und 0,00158 Grm. mineralischer Substanz. Ein Samenkorn enthält an Elementarbestandtheilen:

Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
0,02104	0,00304	0,00272	0,01760	0,00158 Grm.

Eine Pflanze erster Periode enthält:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.	
Stengel und Wurzel	0.00885	0,00122	0,00180	0,00624	0,00147	Grm.
Samenreste . . .	0,00590	0,00085	0,00076	0,00494	0,00085	„
	0,01475	0,00207	0,00256	0,01118	0,00232	Grm.

Eine Pflanze vierter Periode enthält:

Stengel und Wurzel	0,31011	0,04017	0,01626	0,23887	0,08357	Grm.
Samen	0,49227	0,07112	0,06370	0,41189	0,03701	„
Hülsen	0,19119	0,02584	0,00824	0,14789	0,04484	„
	0,99357	0,13513	0,08820	0,78965	0,16542	Grm.

Es ist aus den zuletzt angegebenen Untersuchungen für die Wickenpflanze gefolgert worden:

Das Gewicht einer Pflanze der ersten Periode verhält sich zu dem des reifen Samens wie 1: 1,29. Den absoluten Stickstoffgehalt kann man bis zur ersten Periode als unverändert ansehen, während von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff etwa ein Drittel verloren geht, welcher Verlust durch die bekannten Erscheinungen des Keimungsprozesses leicht zu erklären ist. Der Aschengehalt hat sich während dieser Periode um 47 Proc. vermehrt. Während der ersten bis zur vierten Periode nimmt die ganze Pflanze nicht bloß an Gewicht zu, es vermehren sich alle ihre einzelnen Bestandtheile und die Pflanze giebt von dem, was sie einmal aufgenommen hat, nichts wieder ab. Während sich die absolute Menge des Stickstoffes in der Pflanze von der ersten Periode bis zur vierten fast um das 32fache vermehrt, vermindert sich jene relative Menge im Stengel in derselben Zeit von 9,11 Proc. auf 2,36 Proc. Je jünger die Pflanze ist, um so reicher ist sie an Stickstoff. Die Vermehrung des Kohlenstoffes ist 67=, die des Wasserstoffes 65fach von der ersten bis zur vierten Periode, vielleicht darf man beide als gleich ansehen, dagegen ist der Sauerstoff um das 71fache vermehrt, was auf Bildung organischer Säuren zu deuten scheint. Der absolute Aschengehalt steigt von der ersten bis zur vierten Periode auf das 70fache, die bedeutendste Zunahme aber, fast um das 50fache, findet innerhalb der Zeit statt, wo die Pflanze keimt, bis dahin, wo sie blüht; in dieser Periode ist der relative Aschengehalt am größten. Von der dritten zur vierten Periode vertheilt sich der Aschengehalt wesentlich anders in der Pflanze, indem sich die größere Menge desselben in die

Hülsen und Samen zieht und den Stengel verhältnißmäßig arm zurückläßt, indessen ist in dieser Zeit schon ein Theil der unteren Blätter abgestorben und abgefallen. Endlich ergiebt sich als allgemein anzunehmendes Resultat, daß die bloße procentische Zusammensetzung der Pflanzenaschen keine Einsicht in die Vegetation der Pflanzen gestattet, die Aschenuntersuchungen müssen auf ein mittleres Gewicht der Pflanzen bezogen werden.

D. Bildung und Entwicklung der Pflanzenzelle.

Die chemische Thätigkeit, welche in der Pflanze das Wachsthum und die Entwicklung bedingt, ist in mancherlei Hinsicht eine andere, als die wir außerhalb des vegetabilischen Organismus, bei Gegenwart derselben Stoffe auftreten sehen. Die chemischen Verwandtschaften der einfachen und zusammengesetzten Körper erleiden viele Modificationen durch das Hinzutreten von Umständen, welche durch die eigenthümliche Structur der Pflanze herbeigeführt sind. Es ist die Aufgabe dieses Werkes von allen Bedingungen des Pflanzenlebens und den Ursachen der während desselben auftretenden Prozesse und Erscheinungen, soweit dieselben überhaupt bisher erforscht und erkannt sind, eine möglichst klare Uebersicht zu geben und es würde daher tadelnswerth sein, wenn hier eine der allerwichtigsten Bedingungen der Vegetation, nämlich die Form und Gestaltung des Organismus der Pflanze gänzlich außer Acht gelassen würde. Die Erscheinungen der Lebensthätigkeit sind hauptsächlich in der Substanz und in der Form des organischen Individuums begründet; wir werden zunächst die letzteren ins Auge fassen und sodann auch zur Charakteristik der ersteren noch Einiges mitzutheilen haben. Ich betrete hier ein Gebiet, das rein pflanzenphysiologischer und anatomischer Natur ist, auf welchem ich nicht durch eigene Forschungen geleitet werde und also keineswegs mich heimisch fühlen kann. Es wird daher wohl Entschuldigung finden, wenn ich hier mich ganz kurz fasse und mich durchaus an die von anerkannten Pflanzenphysiologen, vorzugsweise von Schleiden mitgetheilten Beobachtungen und Ideen halte.

Bedeutung der Form und Struktur für das Leben der Pflanze.

Schon der oberflächlichste Blick auf jede Pflanze zeigt, daß dieselbe ein in seinen Theilen ungleichartig zusammengesetztes Ganze bildet, sie besteht aus verschiedenen Organen, welche verschiedene Functionen ausüben und verschiedene Structur zeigen. Betrachtet man irgend einen

Die Pflanzenzelle.

Pflanzentheil im Quer- oder Längsschnitt unter einer nur einigermaßen starken Vergrößerung, so findet man, daß überall der größte Theil der vegetabilischen Masse aus mannichfach geformten kleinen Räumen, Bläschen oder Schläuchen besteht, welche meistens in ihrer äußeren Gestaltung eine gewisse Regelmäßigkeit zeigen, wodurch sie ganz ähnlich den Honigzellen der Bienen werden, — eine Aehnlichkeit, welche auch jenen Gebilden der Pflanzenwelt den Namen der Pflanzenzellen verliehen hat. Besonders rein und unvermischt beobachtet man diese Zellen in den schwammigen und weichen Theilen der höheren Pflanzenfamilien, so in der Wurzel, im Marke, in den Früchten und in allen Pflanzen während der ersten Periode ihrer Entwicklung. Eine ganze große Abtheilung von Pflanzen, die sogenannten kryptogamen Gewächse, die Algen, Pilze, Moose und Flechten, besteht einzig und allein aus einer Zusammenhäufung von verschiedenartig geformten Zellen, allein aus Zellengewebe, weswegen auch diese niedriger oder vielmehr einfacher organisirten Pflanzen mit dem gemeinschaftlichen Namen der Zellenpflanzen bezeichnet werden. Die Bildung und Vermehrung der Zelle ist physiologisch gleichbedeutend mit dem Wachsthum und der Entwicklung der ganzen Pflanze; wenn wir die erstere deutlich erkannt haben, so ist uns auch die letztere verständlich.

Entstehung der Zelle.

Um die Entstehung der Zelle zu begreifen, müssen wir dieselbe in ihrer einfachsten Form aufsuchen, um sie in ihrem isolirten Zustande beobachten zu können. Diese einfachste Form erkennen wir auf der untersten Stufe der Pflanzenwelt in den staubartigen Pilzen, welche aus einer unregelmäßigen und losen Zusammenhäufung von einzelnen Pflanzenzellen bestehen. Wo diese formlosen Pilze in einer Flüssigkeit sich erzeugen und vermehren, da ist der Bildungsprozeß des Organismus dem beobachtenden Auge am meisten zugänglich. Ein bekanntes Beispiel geben die Hefenpilze oder die Hefenkügelchen, welche in gährungsfähigen Flüssigkeiten sich erzeugen. Wir haben hier eine Flüssigkeit, in welcher sowohl stickstofffreie als stickstoffhaltige Stoffe aufgelöst sich befinden, Stoffe, die freilich im Organismus der Pflanze erzeugt, aber aus demselben durch mechanische und chemische Mittel herausgezogen worden sind und mehrfache Veränderungen erlitten, dennoch aber, wie es scheint, noch immer eine letzte Spur ihrer ursprünglichen organischen Bildungsfähigkeit bewahrt haben. Die Entstehung der Hefenpilze beweist, daß unter geeigneten Umständen allein durch die Wirkung von Materie auf Materie und frei von allem Einfluß einer bestimmten organisirten Form ein wirk-

licher Organismus sich erzeugen kann, wenn auch nur in seiner niedrigsten und einfachsten Gestaltung.

Der wirkliche Verlauf der Zellenbildung und Vermehrung ist bei der Hefe im Ganzen völlig derselbe, wie in allen übrigen Familien des Pflanzenreiches. Der stickstoffhaltige oder proteinartige Bestandtheil der gährungsfähigen Flüssigkeit ist der erste Erreger der vegetabilischen Lebensthätigkeit; er geht aus dem auflöslichen in den unlöslichen Zustand über und scheidet sich in der Form von kleinen Kügelchen oder Körnchen aus, in welchen sich zuerst eine Höhlung bildet, deren Wand sodann an einer Seite blasenförmig auswächst und sich erweitert, so daß nach der Entstehung einer kleinen kugel- oder blasenförmigen Zelle das zuerst gebildete Körnchen (der Zellenkern) noch in der Zellenwand eingewachsen zu bemerken ist, wenn es auch später oft absorbirt wird und völlig verschwindet. Aus dieser einmal entstandenen Zelle erzeugen sich nun neue Zellen in großer Anzahl und mit großer Schnelligkeit. Diese Vermehrung findet auf die Weise statt, daß ähnlich wie bei der Entstehung der ersten Zelle der proteinhaltige eiweißartige Inhalt derselben wiederum theilweise zu einem kleinen Körnchen, dem Zellenkerne zusammentritt, welches entweder selbst zu einem neuen Zellenbläschen auswächst oder auch zu der Theilung der Mutterzelle in zwei Hälften die Veranlassung giebt, indem der ganze Inhalt der letzteren in zwei Portionen zerfällt, die durch eine allmählig entstehende Wand von einander abgeschlossen werden. Der in der Mutterzelle vorhandene Kern wird hierbei ebenfalls sehr häufig in zwei Theile zerlegt, von denen ein jeder einer neuen Zelle angehört, oder er verschwindet vor der Theilung und bildet sich dann oft nach derselben in jeder Zelle aufs Neue. Die erstere Art der Zellenvermehrung, die directe Bildung der Zelle aus einem einzigen Kerne ist bei weitem die häufigere im ganzen Gewächsreiche, die Zellenbildung durch Theilung des Kernes beobachtet man unter den Zellenpflanzen nur bei der Mehrzahl der algenartigen Gewächse, und in den höher organisirten Pflanzen nur bei der Bildung des Samenstaubes, bei der Entstehung der Pollenzellen.

Zellenkern. *Vermehrung der Zellen.*

In der zarten Wand der jungen Zelle bemerkt man fast überall noch den Kern, welcher zu der ersten Bildung derselben Veranlassung gab, später verschwindet er gewöhnlich; zuweilen wächst der Kern noch nach der Bildung der jungen Zelle fort und trägt zur theilweisen Verdickung der Wand bei, welche auch durch den flüssigen Inhalt bewirkt wird, indem aus der Auflösung eine halbflüssige, zum Theil körnige stick-

Beschaffenheit der jungen Zelle.

stoffhaltige Masse sich abscheidet und auf der inneren Seite der Zellenwand sich ablagert. Die Zellenwand selbst besteht anfangs aus einer ganz durchsichtigen, gallert-, gummi- oder schleimartigen Masse, welche erst nach und nach durch die Einwirkung des flüssigen Zelleninhalts in eigentlichen festen Zellenstoff oder den vegetabilischen Faserstoff umgewandelt wird. Wie außerordentlich schnell die Vermehrung der Zellen, unter gewissen Verhältnissen stattfinden kann, davon geben die Pilze einen Beweis und namentlich der Riesenbovist, bei dem, wie man durch Rechnung gefunden hat, während seines Wachsthums in jeder Minute 20,000 neue Zellen gebildet werden.

Veränderungen der Zelle. Die einfachste Form der Zelle ist die mehr oder weniger regelmäßige Kugelgestalt; so findet sich dieselbe bei den Pilzen, so auch in höheren Pflanzen in einzelnen Beispielen, wie in mehreren saftigen oder schwammigen Früchten. Bei weitem häufiger ist aber in der Pflanzenzelle eine Abweichung von der ursprünglichen Form und die Umwandlung derselben zu einem vieleckigen Gebilde zu beobachten. Die Ursachen der mannichfachen Gestaltung sind entweder rein mechanischer Art und sie sind in der eigenthümlichen Ernährung und Entwicklung der Pflanzenzelle selbst begründet. Die zuerst kugeligen oder sphäroidischen Zellen treten mit Ausnahme der allerniedrigsten Pflanzen sofort nach ihrer Entstehung zu einem organischen Ganzen, zu einem Zellengewebe zusammen; sie wachsen nach ihrer Bildung fort und nehmen an Umfang bis zu einem gewissen Punkte fortwährend zu, und müssen aus dem Grunde, weil sie bei ihrer Ausdehnung sich gegenseitig im Wege liegen, auch einen mechanischen Druck auf einander ausüben, welcher um so deutlicher sich zu erkennen giebt, je mehr das ganze Gewebe selbst noch seine weiche und elastische Beschaffenheit bewahrt hat, so daß es jedem äußeren oder inneren Anstoß leicht ausweicht. Hierdurch wird nun schon eine vielfach polyedrische Form der Zelle entstehen: wenn der mechanische Druck von allen Seiten her gleichmäßig war, so bilden sich regelmäßige 6-, 8-, 12- oder mehrseitige Figuren, war der Druck ein einseitiger, so entstehen platte Zellen, entweder der Länge oder der Quere nach, war der Druck endlich ein vorherrschend zweiseitiger, so muß dieses zu der Entstehung langausgedehnter cylindrischer oder prismatischer Zellen die Veranlassung geben. Noch wichtiger aber für die Gestaltung der Zellen ist die ungleichartige Ernährung derselben und in Folge deren das Fortwachsen nach den verschiedenen Richtungen in ungleicher Stärke. Aus dieser Ursache entweder allein oder zugleich unter dem Einfluß

(Marginalia: Durch mechanischen Druck. — Durch ungleichmäßige Ernährung.)

des mechanischen Druckes entstehen polyedrische, platte, linsenförmige, schmal- oder breit tafelförmige, bandartige oder auch strahlige und sternförmige, cylindrische, prismatische bis fadenförmige Zellen. Die Ursache dieser ungleichartigen Ernährung liegt zum Theil darin, daß die Zellen nur an den Seiten vollständig ernährt werden können, an welchen sie mit anderen noch lebensthätigen Zellen in Berührung stehen; sind sie auf der einen oder an mehreren Seiten der äußeren Luft ausgesetzt oder auch mit saftlosen Räumen im Innern der Pflanze verbunden, so erfolgt natürlich von hier aus keine Ernährung und Vergrößerung der Zellen.

Bei einzelnen Pflanzen wächst die Zelle in einer bestimmten Richtung fast während der ganzen Lebensperiode fort, so bilden sich in mehreren algenartigen Gewächsen Zellen, welche bei nur geringem Durchmesser mehrere Zoll Länge besitzen. Bei weitem häufiger hört aber früher oder später die Ausdehnung des Zellenraumes auf, ohne daß damit auch die Lebensthätigkeit im Innern desselben zu Ende wäre. Die Ernährung der Zelle wird noch weiter fortgesetzt, sie giebt sich jetzt aber kund vorzugsweise in einer Verdickung der Zellenwand, obgleich nicht selten gleichzeitig noch eine Ausdehnung derselben stattfindet. Es lagert sich eine feste Substanz schichtenweise auf der innern Seite der Zellenwand ab und zwar merkwürdiger Weise nicht gleichmäßig an allen Stellen, sondern in der Richtung einer Spirale, so daß zuerst ganz feine Spiralfasern sich bilden, welche allmählig an Dicke zunehmen und gewöhnlich in größerer Anzahl mit einander zu einer bandartigen Spirale verwachsen. Sehr oft findet während der ersten Ablagerung dieser Spiralschichten noch eine Ausdehnung der ursprünglichen Zellenwand statt, durch welche die noch zarten Fasern mechanisch zerrissen werden und nun ringförmig verwachsen, oder es bilden sich in Folge der mehrfachen Zerreißung der Spiralfasern eine Menge leerer Stellen an der Zellenwand, welche unter dem Mikroskope verschiedene, mehr oder weniger regelmäßige Figuren zeigt, die zu der Unterscheidung von Ringfaserzellen, Netzfaserzellen, Spiralfaserzellen, porösen Zellen u. s. w. Veranlassung gegeben haben. Wo nämlich einmal eine Zerreißung der ursprünglichen Spiralfaser stattgefunden hat, wo also an der Zellenwand leere Stellen entstanden sind, da werden diese auch später nicht von der Verdickungsmasse bedeckt und überzogen, sondern die letztere lagert sich nur an den Stellen ab, wo schon etwas derselben Substanz vorhanden ist, aus Ursachen, welche in dem gegenseitigen Anziehungs-

Verdickung der Zellenwand.

vermögen gleichartiger Stoffe begründet sind. Nur selten bemerkt man eine Ausnahme von dieser Regel, so daß in einer späteren Periode der Zellenentwicklung neue Verdickungsschichten auf die schon vorhandenen in abweichender Richtung sich ablagern, und nun aus einer früheren Spiral- oder Ringfaserzelle nachträglich vielleicht eine Netzfaserzelle gebildet wird.

Auflösung der Zellenwand. Die Zelle erleidet oft eine noch weitere Veränderung. Es findet nämlich nicht selten nach der Ablagerung der Verdickungsschichten oder während derselben eine vollständige Auflösung der ursprünglichen Zellenwand statt, und es bilden sich dann förmliche Oeffnungen und Löcher zwischen den Spiral- und Ringfasern, wenn diese nicht so nahe an einander liegen, daß sie vollständig den innern Zellenraum abschließen und nun eine Zelle bilden, deren Seitenwände allein aus Fasern zusammengesetzt sind. Nicht allein an den Seiten verschwindet die primäre Zellenmembran, sondern auch die Querscheidewände oder die Häute, welche nach oben oder unten hin die einzelnen in derselben Längsrichtung liegenden Zellen von einander trennen, werden von Löchern und Spalten durchbrochen und nicht selten bis auf die letzte Spur von der mit ihnen in Berührung befindlichen Flüssigkeit resorbirt. Auf diese Weise entstehen communicirende Zellen, welche nun sehr bald ihren wässerigen Inhalt durch Austrocknen verlieren, weil die so entstandenen Röhren nicht mehr, wie die Zellen, die Fähigkeit der Aufnahme und Fortleitung des Pflanzensaftes besitzen. Diese Canäle nehmen nun statt des Saftes Luft in ihrem Innern auf und werden unter dem Namen der Gefäße von den in sich abgeschlossenen Zellen unterschieden, und wie diese auch je nach ihrem Aussehen mit verschiedenen Namen, als Spiral-, Ringgefäße oder poröse Gefäße u. s. w. bezeichnet, je nachdem sie aus den gleichnamigen Zellen entstanden sind. Bemerkenswerth ist es, daß diese sogenannten Gefäße, welche gleichsam die höchste Entwicklungsstufe der Zelle darstellen, bei einer gewissen Classe von Pflanzen gar nicht vorkommen, so bei den Pilzen, Flechten, Moosen und Algen, welche deswegen auch den besonderen Namen der Zellenpflanzen führen, während alle höheren Pflanzen, von den Farrenkräutern an aufsteigend, Gefäße enthalten und als Gefäßpflanzen bezeichnet werden. *(Luftgefäße.)*

Die einzelnen Zellen treten, wie schon angeführt wurde, in der Mehrzahl der Pflanzen zu bestimmten Organen, zu sogenannten Geweben zusammen. Diese werden nach der verschiedenen Form, Funk- *(Zellengewebe.)*

tion und Lage der sie bildenden Zellen ebenfalls wiederum in mehrere Gruppen und Abtheilungen gebracht, über welche ich hier eine kurze, von Schleiden entlehnte Uebersicht geben will:

A. Parenchym, das eigentliche Zellengewebe, bei weitem die Hauptmasse der ganzen Pflanze bildend. Die verschiedenen Formen und Arten desselben sind: Parenchym.

a. Unvollkommenes Parenchym, wenn die Berührung der einzelnen Zellen höchst unvollständig ist.

1. Rundliches P., aus rundlichen oder elliptischen Zellen bestehend, bei saftigen Pflanzen vorherrschend.

2. Schwammförmiges P., nach allen Seiten ungleichförmig ausgedehnte Zellen, die sich nur mit den Enden der Strahlen berühren; als Füllmasse in den Lufthöhlen, fast Alles schnell austrocknende Gewebe, auch die untere Hälfte des Parenchyms der meisten Blätter.

b. Vollkommnes P., wenn die Berührung der Zellen unter einander möglichst vollkommen ist.

1. Regelmäßiges P., fast lauter polyedrische Zellen ohne Vorherrschen einer bestimmten Dimension; findet sich besonders im Mark der Pflanzen.

2. Langgestrecktes P.; bei sehr rasch wachsenden Pflanzen, namentlich im Mark vieler Monocotyledonen, in dem Innern der Tangarten.

3. Tafelförmiges P.; meist viereckige, tafelförmige Zellen; in der äußeren Rinde, besonders aber im Kork und in der Borke.

B. Intercellularsystem. Die Berührung der Zellen unter einander ist nie ganz vollkommen, sie lassen mannichfache Lücken entstehen, welche jedoch nicht als besondere Organe oder Gefäße betrachtet werden dürfen; sie haben keine eigenen Wände und Häute und obgleich sie überall in der Pflanze vorhanden sind, so ist ihr Entstehen doch rein zufällig. Diese Lücken zeigen folgende wichtige Verschiedenheiten: Intercellulargänge und Räume.

a. Ursprüngliche, bloß durch das nicht vollkommene Zusammenschließen der Zellen gebildete Lücken:

1. Intercellulargänge, enge, meist dreieckige, um alle Zellen herumlaufende Canäle, fast überall, wenigstens in jedem Parenchym.

2. Intercellularräume, größere unregelmäßige Räume zwischen den Zellen, besonders im schwammförmigen Zellgewebe.

b. Später entstandene Lücken:

1. Behälter eigenthümlicher Säfte; durch Erguß der Säfte aus den benachbarten Zellen, aus Intercellulargängen entstanden.

α. Von ziemlich derben, dicht an einander geschlossenen wahrscheinlich nicht absondernden Zellen flach begränzt, z. B. Harzgänge der Coniferen in der Rinde (?), einzelne Gummigänge.

β. Von zartwandigen, lockeren, blasig in die Höhle hineinragenden, wahrscheinlich absondernden Zellen begränzt; die meisten Behälter eigener Säfte, z. B. die Gummigänge der Cycadeen, die Harzgänge im Holze der Coniferen.

2. Luftbehälter, die durch Zerstörung einer Parenchymmasse entstanden sind.

α. Luftgänge. Hier verwandelt sich eine bestimmte Portion Parenchym erst in schwammförmiges Zellgewebe, wird dann zerrissen und resorbirt, die Wände dieser Gänge sind aber völlig glatt und die Höhlung ist in bestimmten Zwischenräumen durch eine Schicht stehenbleibender Zellen in Sternform, wie durch Scheidewände unterbrochen, so z. B. in der Seerose (Nymphaea).

β. Luftlücken. Hier zerreißt unordentlich durch Ausdehnung des Pflanzentheils eine Portion Parenchym. Die Wände bleiben rauh mit den Resten der zerrissenen Zellen besetzt, z. B. die hohlen Stengel der Gräser und Doldengewächse.

Luftgefäße. C. Gefäße, in den oben angedeuteten Formen. Es versteht sich von selbst, daß eine Gefäßbildung bei allen Zellenformen vorkommen kann, die sich reihenweis anordnen können, also auch bei kugeligen und polyedrischen Zellenformen. Die aus den letzteren beiden entstandenen Gefäße pflegte man wohl früher, besonders wenn ihr Verlauf nicht ganz gerade war, mit dem völlig überflüssigen Namen: rosenkranzförmige Gefäße u. s. w. zu bezeichnen.

Gefäßbündel. D. Gefäßbündel. So nennt man eine Masse von langgestreckten Zellen, von denen ein Theil in Gefäße umgeändert ist, und die sich mehr oder weniger deutlich von dem umgebenden Parenchym unterscheiden. Sie sind entweder:

a. Simultane Gefäßbündel, wenn sie in allen ihren Theilen ziemlich zu gleicher Zeit entstanden sind, wie die Gefäßbündel der kryptogamen Gefäßpflanzen (Farren, Lycopodien und Equisetaceen).

b. Succedane Gefäßbündel, wenn die einzelnen Theile nach einander und zwar in allen Stengelgebilden von Innen nach Außen, in den Blättern von Oben nach Unten entstehen und ausgebildet werden. Sie bestehen anfangs ganz aus einem in der Bildung begriffenen, zarten, mit trüber Flüssigkeit gefüllten Zellgewebe (Cambium), welches, so wie es innen in gestreckte Zellen und Gefäße übergeht, sich außen fortbildet. Diese Gefäßbündel sind wiederum:

1. Geschlossene. Bei ihnen dauert die Fortbildung nur eine bestimmte kurze Zeit, dann ändert sich das Cambium in ein klares scharfgezeichnetes Zellgewebe um, und ist unfähig zu ferneren Bildungen. Gewöhnlich liegen hier die Gefäße in einer Linie oder <förmig von Innen nach Außen. Monokotyledone Gefäßbündel.

2. Ungeschlossene. Hier hört das Cambium nicht früher auf sich fortzubilden und das Gefäßbündel von Innen nach Außen zu verdicken, bis der Theil oder die Pflanze, dem es angehört, abstirbt. Dikotyledone Gefäßbündel. Man muß hier unterscheiden:

α. Das primäre Gefäßbündel, wozu Alles zu rechnen ist, was in der ersten Vegetationsperiode (im ersten Jahre) entsteht. Es besteht in der inneren Hälfte aus denselben Theilen, wie das geschlossene Gefäßbündel, nur daß die Gefäße meist zahlreicher sind; die äußere Hälfte ist nur das fortbildungsfähige Cambium, vorn und an den Seiten stetig, aber ziemlich rasch in das umgebende Parenchym, zuweilen nach vorn in den langgestreckten Bast übergehend.

β. Das Holz. Nach Vollendung der ersten Vegetationsperiode hört ein Pflanzentheil in der Regel auf, sich in die Länge zu strecken, da aber die vom Cambium neu erzeugten Zellen nichtsdestoweniger bis zu einer gewissen Länge sich ausdehnen, so müssen sich dieselben von nun an, um Raum zu gewinnen, mit spitzen Enden in einander schieben. Es entsteht statt des Parenchyms ein eigenthümliches Zellgewebe, das man Prosenchym nennt. Ein Theil desselben behält seine langgestreckte schmale, oben und unten zugespitzte Form (Holzzellen), dazwischen aber erweitern sich einzelne senkrechte Reihen, oft sehr stark und ändern sich zu sogenannten Gefäßen um. Von der in jedem Jahr gebildeten Holzportion ist gewöhnlich der im Anfang entstandene Theil aus weiteren dünnwandigen Zellen zusammengesetzt und enthält mehr Gefäße, später entstehen immer weniger Gefäße, die Zellen werden enger und dickwandiger. Bei regelmäßigem Vegetationswechsel nach Jahresperioden unterscheidet sich daher der Anfang einer neuen jährlichen Holzportion

schon für das bloße Auge mehr oder weniger scharf von dem Ende der vorigjährigen. Daraus zeigt sich das Holz auf dem Querschnitte in so viele concentrische Ringe getheilt, als der Stamm Jahre alt ist und man nennt diese Erscheinung deshalb Jahresringe.

Im Gegensatz zu den Gefäßbündeln und seinen Fortbildungsmassen heißt das Zellgewebe zwischen ihnen, welches gewöhnlich etwas von Innen nach Außen gestreckt erscheint, Markstrahlen und zwar große Markstrahlen, wenn sie continuirlich vom Centrum (Mark) bis zur Peripherie (Rinde) reichen, kleine dagegen, wenn sie im Holze anfangen oder aufhören.

Bastgewebe. E. Bastgewebe. Dies wird von Zellen gebildet, die so lang gestreckt sind, daß man sie nicht wohl mehr als übereinanderliegende Zellenreihen, sondern nur als nebeneinanderliegende Fasern betrachten kann; ihre Wände sind dabei stark, oft zum Verschwinden der inneren Höhlung verdickt, meist sehr weich und biegsam. Diese Zellen kommen selten einzeln in Mark und Rinde, häufiger in Bündeln (Bastbündeln) in solchen Nerven flacher, schmaler Blätter, die keine Gefäßbündel enthalten, in hervorspringenden Kanten der Stengel und sehr häufig in der Nähe der Gefäßbündel an der äußeren Seite des Cambiums vor, im letzten Falle nennt man sie Bast.

Milchsaftgefäße. F. Milchsaftgefäße sind langgestreckte, häufig vielfach nach allen Richtungen hin verästelte Röhren (ob Zellen, ist zweifelhaft), zuweilen mit dünnen homogenen, oft (besonders im Alter) mit schichtenweis verdickten, spiralig gezeichneten Wänden (letzteres z. B. bei den blattlosen Euphorbien), einen farblosen oder verschiedenfarbigen Milchsaft führend. Es ist nicht recht klar, ob diese Gefäße von Anfang an als eigene Organe betrachtet werden müssen, oder ob sie, wie es fast der Fall zu sein scheint, zuerst nur als Intercellulargänge auftreten, welche erst nach und nach mit einer eigenen Haut ausgekleidet werden und also besondere Wände erhalten, die sich immer mehr verdicken. Sie erstrecken sich oft durch die ganze Länge eines Pflanzentheils, sind aber dann oft blind geendet und es darf durchaus nicht angenommen werden, daß alle in einer Pflanze auftretenden Milchsaftgefäße gleichsam ein einziges System bildeten, durch welches der Milchsaft, ähnlich wie das Blut in den Thieren, durch den ganzen Organismus der Pflanze hindurchgeführt würde.

Filzgewebe. G. Filzgewebe, besteht aus sehr langen, dünnen, fadenförmigen, vielfach gewundenen und unter einander geschlungenen Zellen. Es bildet

a. bei den Pilzen ein ganz weiches für das Gefühl fast talgartiges und leicht zerfließliches Zellgewebe.

b. bei den Flechten ein dürres, zähes, aus gabelig verästelten Zellen gefilztes Gewebe.

H. Epidermoidalgewebe ist im Allgemeinen die äußerste Zellenschicht einer Pflanze, soweit sie sich durch Form und Inhalt von dem, was sie bedeckt, unterscheiden läßt. Man muß unterscheiden: Epidermoidalgewebe.

a. Die Oberhaut, eine continuirliche Zellenschicht. Diese ist eine dreifache nach den Medien, worin sie sich entwickelt:

1. Epithelium. Höchst zartwandige mit homogenem, durchsichtigem, ungefärbtem Safte erfüllte Zellen, die der Fläche nach, ohne Intercellulargänge zu bilden, aneinander schließen. Bei jungen sich bildenden Pflanzentheilen immer vorhanden, länger bleibend nur in geschlossenen Räumen, z. B. im Fruchtknoten; es ändert sich später meist um, entweder in

2. Epiblema, etwas derbwandige, nach Außen abgeplattete, aber sonst nicht sehr flache Zellen ohne nach Außen mündende Intercellulargänge, die sich im Wasser oder in der Erde entwickeln, oder in

3. Epidermis. Diese bestehen aus meistentheils sehr flachen tafelförmigen Zellen, deren Wände besonders nach der Seite und nach Außen derber zu sein pflegen. Sie schließen sich überall eng an einander, nur an bestimmten Stellen bleibt bei den meisten Pflanzen ein Intercellulargang, durch den die Intercellulargänge oder Räume des darunter liegenden Parenchyms frei mit der Luft communiciren können. An der inneren Mündung dieses Intercellularganges lagern sich zwei halbmondförmige, mit den concaven Seiten sich zugekehrte Parenchymzellen, die je nach ihrer augenblicklichen Turgescenz eine größere oder kleinere Spalte zwischen sich lassen, oder eng zusammen liegen und so den Intercellulargang verschließen. Diese beiden Zellen sammt dem Intercellulargang nennt man Spaltöffnung.

b. Die appendiculären Organe, welche alle sich über die Fläche erhebenden aus Zellen bestehenden Gebilde umfassen. Haare, Borsten, Stacheln, Warzen ꝛc.

c. Korksubstanz. In den Epidermiszellen sammelt sich oft ein grumöser Stoff, aus welchem sich flache, tafelförmige Zellen entwickeln, die Epidermiszellen sprengen und dann zum Theil das bilden, was wir Borke, oder wo es stark entwickelt und elastisch ist, auch wohl Kork nennen, z. B. an saftigen Früchten, besonders aber an

Stengeln vom zweiten Jahre ihres Lebens an, auffallend bei der Korkeiche.

d. Wurzelhülle. Bei den meisten tropischen Orchideen und einigen Aroideen liegt auf der Epidermis der Wurzeln eine Schicht, welche gewöhnlich ganz aus den zierlichsten Spiralfaserzellen besteht, deren Inhalt nur Luft ist.

E. Inhalt der Zelle und dessen Fortbewegung in der Pflanze.

a. Nähere Bestandtheile der Zelle und ihres Inhalts.

Ueber die zur Bildung der Zelle und also für die Ernährung der Pflanze unentbehrlichen näheren Stoffe belehrt uns die einfachste Form einer Pflanze, die Hefenzelle. Betrachtet man die Hefenkügelchen unter dem Mikroskope, so erkennt man, daß sie aus einer zarten festen Haut, der sogenannten Zellenwand und einem von der letzteren umschlossenen Flüssigkeit besteht, in welcher oft kleine, mehr oder weniger deutlich begränzte Körnchen schwimmend oder sich an die feste Zellenwand anlegend bemerkt werden. Durch mechanische und chemische Mittel kann man den Inhalt der Zelle von der Zellenwand abscheiden und beiderlei Substanzen für sich der Elementaranalyse unterwerfen. Durch die letztere erfährt man, daß die Zellenwand bei der Hefe einzig und allein aus sogenannter Cellulose (Zellstoff) oder Holzfaser besteht, welche ihrer oben angegebenen Elementarzusammensetzung nach, als eine Verbindung von Kohlenstoff und Wasser, mithin als ein Kohlenhydrat angesehen werden kann. Dieser Zellstoff bildet, wie in der Hefe, so überall, wenigstens in den niedrigeren, den Zellen-Pflanzen und in allen jungen Pflanzentheilen den alleinigen Bestandtheil der Zellenwand; er ist für alle Flüssigkeiten und vollkommne Auflösungen durchdringlich. Wo aber die Zelle, wie in den höheren Pflanzen mehrere Perioden ihrer Entwicklung zu durchlaufen hat, da lagern sich später noch andere Stoffe, von Außen her eindringend, zwischen der Cellulose ab, oder scheiden sich aus der inneren Flüssigkeit aus und legen sich schichtenweise an die Zellenwand an, wodurch die letztere immer mehr verdickt wird. Bei den eigentlichen Holzzellen sind diese Verdickungsschichten ihrer Hauptmasse nach von einer dem ursprünglichen Zellstoff ähnlich zusammengesetzten Substanz gebildet, welche ebenfalls ein Kohlenhydrat ist und mit dem

Bestandtheile der Zellenwand.

Cellulose oder Holzfaser.

Namen des infrustirenden Stoffes belegt worden ist. Das fertig gebildete Holz ist daher keine einfache Substanz, sondern als eine Verbindung von Zellstoff mit der infrustirenden Substanz, oder als ein Gemenge von beiden anzusehen. Infrustirender Stoff.

Der Zellstoff wie die infrustirende Substanz sind natürlich entstanden aus einem in Wasser auflöslichen Körper. Untersucht man zunächst eine gährende Flüssigkeit, in welcher die Hefenzellen in großer Menge sich bilden, so findet man hier zweierlei Stoffe, aus welchen ihrer chemischen Zusammensetzung nach die Zellenwand allein kann gebildet worden sein, nämlich den Zucker und das Dextrin. Das Dextrin scheint in der That der Pflanzenstoff zu sein, welcher zur Bildung der Zellenwand Veranlassung giebt, indem er unmittelbar in Cellulose sich verwandelt. Dieser Körper ist gleichsam Stärke, welche in Wasser vollständig und leicht auflöslich ist, er hat genau dieselbe procentische Zusammensetzung wie die Stärke, und wird aus der letzteren sehr leicht gebildet, auf künstlichem Wege außerhalb des vegetabilischen Organismus bei Gegenwart ganz verdünnter wässeriger Säure oder Alkalien, so wie bekanntlich auch bei Gegenwart von Diastase in bestimmter höherer Temperatur und in der Pflanze selbst schon unter vielerlei Umständen bei gewöhnlicher Temperatur und ebenfalls häufig unter dem Einfluß einer stickstoffhaltigen diastasartigen Substanz. Das Dextrin bildet überall die Mittelstufe zwischen Stärke und Zucker, ehe der letztere Stoff durch Umwandlung aus der Stärke hervorgeht, muß stets zuerst Dextrin gebildet werden und erst dieses hat die Fähigkeit, unter geeigneten äußeren Umständen Zucker zu erzeugen, indem es etwas Wasser in chemische Verbindung aufnimmt. Wie das Dextrin ein Mittelglied bildet zwischen der Stärke und dem Zucker, so vermittelt es ebenfalls den Uebergang von Stärke in Holzfaser. Die Stärke nämlich kann nicht unmittelbar in Holzfaser umgewandelt werden, sie vermag überhaupt nicht als solche die Zellenwand zu durchdringen und kann also auch nicht direct zur Ernährung der Zelle beitragen. Setzt man junge Pflanzen in eine Stärkelösung, so nehmen sie daraus nur das Wasser auf, während die Stärke auf der äußeren Oberfläche der feinen Würzelchen sich ausscheidet und niederschlägt. Wenn man also bemerkt, daß die Stärke aus einzelnen Pflanzentheilen, wie aus den Wurzeln, dem Splinte u. s. w. zu gewissen Zeiten verschwindet und vielleicht in anderen Pflanzentheilen, z. B. in den Früchten wieder sich anhäuft, so kann die Stärke unmöglich direkt aus den ersteren in die letztere übergegangen sein, sie muß erst ihre lösliche

Zelleninhalt.

Das Dextrin, dessen chemisches und physiologisches Verhalten.

Modification, welche wir Dextrin nennen, angenommen haben, und aus dieser Modification muß, je nach den Umständen entweder wiederum Stärke oder auch Holzfaser, Zucker oder andere Stoffe, sei es direct oder indirect, gebildet worden sein. So wie jedenfalls die Stärke aus Dextrin muß entstanden sein, und wir ebenso leicht wiederum aus der ersteren das letztere entstehen sehen, so hat auch die fertig gebildete Holzfaser die Fähigkeit, wiederum in Dextrin umgewandelt zu werden; schon außerhalb des Organismus sind wir im Stande diese Umänderung durch Einwirkung der etwas concentrirten Schwefelsäure zu bewerkstelligen und in der Pflanze selbst bemerken wir sehr häufig, daß der Zellstoff resorbirt wird, den auflöslichen Zustand des Dextrins annimmt und in seiner festen Form also gänzlich verschwindet. Diese Eigenschaft kommt jedoch nur dem eigentlichen Zellstoffe, der Cellulose zu, während die inkrustirende Substanz der Holzzellen weder durch Schwefelsäure noch auch durch die im lebendigen Organismus auftretenden Prozesse aufgelöst oder in Dextrin umgewandelt werden kann. So ist also der Uebergang von Stärke in Dextrin und Zucker, wie auch umgekehrt die Entstehung von Stärke aus dem Zucker oder Dextrin, ferner die Umwandlung von Dextrin in Holzfaser und von Holzfaser in Dextrin durch zahlreiche Beobachtungen bewiesen und ist in der That in chemischer Hinsicht so einfach, daß nur eine geringe Menge Wasser entweder mit den vorhandenen Bestandtheilen der Stärke und des Dextrins gebunden oder aus der bestehenden Zusammensetzung herauszutreten braucht, um diese Umwandlung zu erklären.

Man findet überall in der ganzen Pflanze, in jeder Zelle, wo nur irgend eine Lebensthätigkeit noch vorhanden ist, Dextrin und zwar vorzugsweise in den jüngsten, saftigsten und also den lebensthätigsten Theilen, in den Wurzeln sowohl als in den äußersten Spitzen der grünen Pflanze. Es ist daher mehr als wahrscheinlich, daß das Dextrin die Substanz ist, welche vor allen anderen unmittelbar aus den einfachen Nahrungsmitteln, aus Kohlensäure und Wasser, vielleicht unter gleichzeitiger Mitwirkung des Ammoniaks, gebildet wird. Wir wissen nämlich mit Bestimmtheit, daß die angeführten einfachen Verbindungen allein ausreichen zur Bildung der organisch-vegetabilischen Masse, wir finden in den jüngsten Pflanzentheilen in größerer Menge keine andere fortbildungsfähige Substanz, als das Dextrin und wir schließen daher, daß dieser die Pflanzenzelle zunächst ernährende Stoff aus den einfachen und entfernteren Nahrungsmitteln der Pflanze direct gebildet wird.

Die Stärke tritt bekanntlich in der Form von mehr oder weniger regelmäßigen Kügelchen in der Pflanzenwelt auf, von denen jedes wiederum aus einer Menge dünnen über einander liegenden Schichten gebildet wird, deren Zahl um so größer ist, je vollkommner die Stärke ausgebildet ist. Alle diese einzelnen Schichten bestehen aus einer einzigen Substanz, nämlich aus Stärke, nur daß die inneren Schichten gewöhnlich etwas mehr Feuchtigkeit enthalten und lockerer sind, als die äußeren, und vielleicht zwischen denselben in der Feuchtigkeit aufgelöst Spuren von fremdartigen Substanzen mechanisch eingeschlossen vorkommen. Es finden sich in einzelnen Pflanzen und Pflanzentheilen andere der gewöhnlichen Stärke in Eigenschaften und Zusammensetzung überaus ähnliche Stoffe, so z. B. die Moosstärke, welche in den Zellenpflanzen (besonders in den Flechten, z. B. dem isländischen Moos) gebildet wird, und wiederum in verschiedenen Abarten auftritt. Weit häufiger im Pflanzenreiche ist das Inulin oder Dahlin, dessen Gegenwart besonders in den Wurzeln, z. B. der Dahlien, der Topinambur, des Alants u. s. w. nachgewiesen wurde und vielleicht ebenso häufig vorkommt, wie die eigentliche Stärke. Alle diese Substanzen bilden die Uebergänge zwischen den vier Hauptstoffen der Pflanzenwelt, zwischen der Stärke, der Holzfaser, dem Zucker und dem Dextrin, welche Stoffe wieder unter sich Verbindungen eingehen und so ihre gegenseitige Umwandlung vermitteln mögen. Die Stärke und deren verschiedene Arten.

Ein dem Dextrin in Eigenschaften und besonders in der Zusammensetzung sehr ähnlicher Stoff ist das Gummi, welches mit dem ersteren sehr häufig verwechselt worden ist, dennoch aber eine im Organismus der Pflanze ganz anders sich verhaltende Substanz ist. Das Dextrin nämlich hat die Fähigkeit, wahrscheinlich unter Mitwirkung stickstoffhaltiger oder proteinartiger Substanzen, mannichfache Umwandlungen zu erleiden, es ist von allen organischen Stoffen der am meisten bildungsfähige; das Gummi dagegen kann z. B. nicht, wie das Dextrin mittelst Diastas in Zucker umgewandelt werden, es ist offenbar ein Sekret der Pflanze, welches wahrscheinlich unter gewissen eigenthümlichen Verhältnissen aus dem Dextrin entsteht und dann als ein unbrauchbarer Körper aus dem Organismus der Pflanze austritt oder in den Intercellulargängen als eine gleichsam todte Masse zurückbleibt. Chemisch hat das gewöhnliche Gummi dieselbe Zusammensetzung wie Stärke und Dextrin; die verschiedenen Gummiarten, deren es sehr viele giebt, zeigen nur geringe Schwankungen in ihren Elementarbestand- Gummi.

theilen, und immer sind die letzteren in solchen Verhältnissen vorhanden, daß die Gummiarten ebenfalls als Kohlenhydrate oder Verbindungen des Wassers mit Kohlenstoff angesehen werden können.

Die Zuckerarten, deren Entstehung und Umwandlung.

Der Zucker kommt im Pflanzenreiche vorzugsweise in zwei wesentlich verschiedenen Arten vor, als sogenannter Rohrzucker und als Trauben- oder Fruchtzucker. Der erstere ist bekanntlich im Zuckerrohr vorhanden, auch in dem Safte der Rüben und des Ahornbaumes vorherrschend und unterscheidet sich von dem Traubenzucker schon im Aeußern durch seine leichte und vollkommne Krystallisirbarkeit, chemisch aber durch seinen geringeren Wassergehalt. Der Rohrzucker enthält etwas weniger Sauerstoff und Wasserstoff in dem Verhältniß, worin sie Wasser bilden, als die Stärke und das Dextrin, aus welchen der Zucker jedenfalls entstanden ist, dagegen der Traubenzucker eine etwas größere Quantität an den Bestandtheilen des Wassers. Der Rohrzucker verwandelt sich sehr leicht in Traubenzucker, z. B. bei der Gährung, durch Diastas und durch verdünnte Säuren, so daß es wahrscheinlich ist, daß unter Wasserentziehung im vegetabilischen Organismus aus Dextrin zuerst Rohrzucker entsteht, welcher unter Wasseraufnahme wieder in Traubenzucker übergeht, also in eine Zuckerart, welche in der Pflanzenwelt weit häufiger auftritt als die zuerst angeführte. Der Zucker bildet sich zu gewissen Jahreszeiten in den verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen in besonders großer Quantität, in den Früchten zur Zeit der Reife, in vielen Wurzeln im Spätsommer, in den Bäumen im Frühjahre, in allen jungen Pflanzen während der ersten Periode ihres Wachsthums. Man kann nicht ein einzelnes Organ, selbst nicht bei einer und derselben Pflanze als den Sitz der Zuckerbildung ansehen, sondern auch dieser Stoff wird wie alle Stoffe, welche im Pflanzenreiche allgemein verbreitet sind, in den verschiedensten Theilen der Pflanze erzeugt, aber stets geht der Zuckerbildung die des Dextrins vorher. So hat man z. B. beobachtet, daß im Frühjahr der Birkensaft um so reicher an Zucker ist, je weiter derselbe von der Wurzel entfernt aufgesammelt wird, weil das Dextrin, welches in den unteren Theilen der Pflanze in großer Menge zugegen ist, während des Durchganges durch zahlreiche Zellen immer mehr in Zucker umgeändert wird. Der Zucker kann offenbar in Stärke übergehen, wie die Stärkeanhäufung in den Körnern der Gräser, namentlich der Getreidearten deutlich beweist. In der Jugend sind diese und noch viele andere Pflanzen reich an Zucker, so z. B. der Maisstengel, bei der Ausbildung der Frucht

verschwindet jener und es erzeugt sich, wie es scheint, aus demselben eine große Menge von Stärkemehl. Ob der Stärkebildung stets die Zuckerbildung vorausgehe, ist nicht überall nachzuweisen, daß es oft der Fall ist, ist gewiß; jedoch scheint auch die Stärke ebenso wie die Holzfaser unmittelbar aus dem Dextrin gebildet werden zu können, so wie der letztere Körper umgekehrt leicht aus dem ersteren sich erzeugt. Auch der Zucker erleidet unter gewissen Umständen eine deutliche Rückbildung in Holzfaser oder Cellulose, wie man bei den süßen Früchten beobachtet, welche zuweilen ihre Süßigkeit dadurch verlieren, daß der Zucker großentheils in Cellulose sich verwandelt. Es ist unmöglich, die Ursachen aller dieser Fort- und Rückbildungen nachzuweisen; wir müssen uns begnügen, zu wissen, daß sie wirklich stattfinden und daß dieselben an sich für unsere Vorstellung etwas Einleuchtendes haben, da alle die hier besprochenen Substanzen in ihrer chemischen Zusammensetzung so große Aehnlichkeit zeigen, indem sie sämmtlich durch alleinige Aufnahme oder Ausscheidung von Wasser oft schon außerhalb des vegetabilischen Organismus in einander übergehen und stets Wasserstoff und Sauerstoff in demselben quantitativen Verhältnisse enthalten, in welchem diese im Wasser vorkommen.

Die im Vorhergehenden aufgeführten Stoffe und vorzugsweise wohl zunächst die auflöslichen, wie Dextrin und Zucker, erleiden nun oft eine weitere Umwandlung und zwar in Folge sowohl der Oxydation, wie der Reduction. Betrachten wir zunächst in der Kürze die Stoffe, welche durch einen höhern Sauerstoffgehalt sich auszeichnen und also möglicherweise aus Dextrin oder Zucker unter alleiniger Aufnahme von Sauerstoff entstanden sein können. Der Pflanzenschleim oder die Pflanzengallerte gehört ebenfalls zu den allgemein verbreiteten vegetabilischen Stoffen; man findet die verschiedenen Arten der schleimigen Stoffe besonders in den Wurzeln und den Früchten vieler Pflanzen, zuweilen auch, wie das Gummi, in den Intercellulargängen angehäuft, von wo sie durch Oeffnungen in der Rinde nach Außen treten und sich dann also wie Secretionsproducte verhalten. Weit häufiger aber ist die Pflanzengallerte ein wirklich wesentlicher und noch fortbildungsfähiger Bestandtheil der Pflanze, indem er unter dem Einfluß von verschiedenen organischen Säuren selbst in eine Säure, sogenannte Gallertsäure oder Pektinsäure übergeht und vielleicht auch an der Zuckerbildung in den reifenden Früchten Theil nimmt. Es gehören in diese Classe eine große Anzahl von verschiedenen unter sich ähnlichen

Pflanzenschleim und Pflanzengallerte.

Pektinsäure.

Stoffen oder auch von verschiedenen Modificationen eines und desselben Stoffes; die schleimigen Stoffe werden Pflanzenschleim, die gallertartigen Pflanzengallerte oder Pektin und die sauren hierher gehörigen Producte Gallertsäuren oder Pektinsäuren genannt, welche fast sämmtlich die Fähigkeit haben, mit verschiedenen Basen gallertartige Salze zu bilden.

Pektin.

Zu den Erzeugnissen des Pflanzenreiches, welche den Sauerstoff in bedeutend größerer Menge enthalten, als nöthig wäre, um mit dem vorhandenen Wasserstoff Wasser zu bilden, gehören ferner vorzugsweise alle eigentlichen Pflanzensäuren, welche, wie die Aepfelsäure, Weinsäure, Citronensäure, Oxalsäure u. s. w. durch ihre leichte Auflöslichkeit in Wasser und durch ihren intensiv sauren Geschmack sich auszeichnen. Es ist unbekannt, auf welche Weise die Säuren und aus welchen Stoffen sie gebildet werden. Die Ansicht Liebig's, nach welcher die Pflanzensäuren aus der Kohlensäure unter allmähliger Reduction und gleichzeitiger Zersetzung des Wassers direct entstanden sein und gleichsam die Mittelglieder zwischen der Kohlensäure und den sauerstoffärmeren Producten des Dextrins, Zuckers u. s. w. bilden sollen, ist eine bloße Vermuthung Liebig's, zu deren Bestätigung keine einzige ausgemachte Thatsache vorliegt. Das Verschwinden der Säure in den reifenden Früchten und der allmälige Uebergang in Zucker ist nur scheinbar, denn die Analyse der Früchte in den verschiedenen Stufen ihrer Entwicklung hat gezeigt, daß der Säuregehalt während der Reife der Frucht keineswegs in nur irgend beträchtlicher Menge abnimmt, sondern im Gegentheil oft noch mit den übrigen Bestandtheilen gleichzeitig an Masse zunimmt. Die Pflanzensäuren gehören schon zu den nicht ganz allgemein in allen Theilen der Pflanze auftretenden Stoffen, sie erzeugen sich vorzugsweise in einzelnen Theilen und treten besonders auffallend in einzelnen Pflanzen hervor. Dasselbe gilt von dem Gerbstoff, welcher wegen seiner Fähigkeit sich mit basischen Stoffen in bestimmten Verhältnissen zu verbinden auch Gerbsäure genannt werden kann, und sich bekanntlich in der Borke in reichlicher Menge angesammelt und überhaupt vorzugsweise als Bestandtheil todter oder frühabsterbender Organe auftritt. Er findet sich fast nirgends als Inhalt der Zellen, sondern scheint mehr ein Zersetzungsproduct der Zellenwand zu sein, indem diese in der Rinde und anderswo auf rein chemischem Wege zerstört wird.

Pflanzensäuren.

Gerbstoff.

Farbstoffe.

Die Farbstoffe gehören nicht zu den allgemein im Pflanzenreiche verbreiteten Stoffen, sie finden sich nur in einzelnen Theilen, je

nach der Pflanzenspecies an verschiedenen Orten entweder als kleine Kügelchen ungelöst im flüssigen Zelleninhalt suspendirt oder in demselben vollständig aufgelöst.

Von den vegetabilischen Substanzen, welche weniger Sauerstoff enthalten, als nöthig ist, um mit dem vorhandenen Wasserstoff Wasser zu bilden und die also aus Stärke, Dextrin u. s. w. nur in Folge einer fortdauernden Reduction gebildet werden können, gehören zunächst die Pflanzenfette, die öl- und wachsartigen Körper. Es scheinen die Fette in der That aus den angeführten Stoffen, wie Stärke und Zucker zu entstehen, wenigstens hat man die Beobachtung gemacht, daß im Zuckerrohr um so mehr Zucker enthalten sei, je weniger Wachs in demselben vorkomme und daß die Arten des Zuckerrohrs, welche viel Wachs enthalten, weniger Zucker liefern. Es ist bemerkenswerth, daß die Fette stets in Begleitung von stickstoffhaltigen proteinartigen Körpern vorkommen, und zuweilen sogar, wie es scheint, in chemischer Verbindung mit denselben. Die Fette und Oele sind in jedem Theile der Pflanze enthalten, jedoch sammeln sie sich in größerer Quantität vorzugsweise in den Samenkörnern an; die Bohnen enthalten z. B. 0,70, die Erbsen 1,2 bis 2,1, die trocknen Kartoffeln sogar zuweilen bis 3 Proc. fettartiger Stoffe, und die eigentlichen Oelfrüchte, so der Lein, Raps, die Mandeln 2c. bekanntlich noch ungleich größere Mengen. In den Oelfrüchten bemerkt man besonders deutlich den Uebergang der Stärke in Oel, denn die Samenkörner enthalten vor der Reife viel Stärke, deren Menge aber mit der Ansammlung des Oels fortwährend abnimmt und bei der Reife der Leinsamen, des Rapses u. s. w. ist bei einem erreichten Maximum des Oelgehaltes keine Spur von Stärke mehr vorhanden. So wie das Fett aus der Stärke oder ihr analog zusammengesetzten Substanzen unter günstigen Umständen gebildet wird, so scheint das Oel ebenfalls zuweilen die Stärke in gewissen Prozessen, namentlich bei dem Keimprozesse vertreten zu können. Wir wissen nämlich, daß die Stärke während des Keimens unter dem Einfluß stickstoffhaltiger Substanzen in Dextrin und Zucker übergeht und in diesem Zustande zur Umwandlung in Zellstoff geeignet wird; da nun die Oelfrüchte keine Stärke enthalten, sondern nur stickstoffhaltige Stoffe uud Oel, so ist es sehr wahrscheinlich, daß auch das letztere wiederum in Dextrin übergehen und so zur Entstehung der jungen Pflanzenzellen beitragen kann.

Pflanzenfette.

Aetherische Oele. Die ätherischen Oele sind in der Regel noch ärmer an Sauerstoff als die fetten Oele, sie haben aber ein großes Bestreben mit Sauerstoff sich zu verbinden und hierdurch in einen dickflüssigen Zustand überzugehen, in welchem Zustande sie dann häufig als Sekretionsproducte in den Intercellulargängen und Räumen oder auch in einzelnen Zellengruppen oder in dem Inhalte der Milchsaftgefäße sich ansammeln und in der Form von Balsam oder Harzen nicht selten durch Oeffnungen in der Epidermis und Rinde aus dem Innern der Pflanze hervortreten, um an der Luft durch weitere Aufnahme von Sauerstoff vollends zu einem festen Harze zu erstarren. Zu diesen Excretionsstoffen gehört auch das Kautschuk, welches in dem Milchsafte verschiedener Pflanzen sich erzeugt, hier in der Gestalt kleiner unlöslicher Kügelchen vorkommt, welche wegen ihrer klebrigen Eigenschaften zu einem Ganzen zusammentreten, sobald der Saft aus dem Organismus der Pflanze abgeschieden wird.

Harze.

In allen Pflanzen, mit Ausnahme der Pilze, Flechten und einiger Algen bemerkt man in fast allen dem Lichte zugekehrten Theilen eine, freilich in verschiedenen Nüancen auftretende grüne Färbung, welche dem Vorkommen eines allgemein verbreiteten Farbstoffes zugeschrieben werden muß. Diesen Farbstoff nennt man Chlorophyll oder Blattgrün; er kommt nie im reinen unvermischten Zustande vor, sondern findet sich stets mit einer verhältnißmäßig bedeutenden Quantität Wachs gemengt, welches Gemenge gewöhnlich unter dem gemeinschaftlichen Namen des Chlorophylls zusammengefaßt wird. Der eigentliche grüne Farbstoff hat eine außerordentlich intensiv färbende Kraft, denn er findet sich oft nur in sehr geringer Menge vor. Er bildet sich nur unter dem Einfluß des Sonnenlichtes, dann aber auch sehr schnell, wie man in den farblosen Keimen der Pflanzen bemerkt, welche dem Sonnenlichte ausgesetzt sofort eine grüne Farbe annehmen; es ist daher wahrscheinlich, daß ein allgemein verbreiteter Pflanzenstoff vorhanden ist, der fortwährend unter dem Einfluß des Lichtes in Chlorophyll übergeht, und gleichsam als ein farbloses Chlorophyll anzusehen ist; man darf nicht dieses farblose Chlorophyll mit dem angeführten wachsartigen Körper, in dessen Begleitung es stets vorkommt, verwechseln; es ist unbekannt, in welcher Beziehung der letztere zu dem ersteren steht. Das Wachs sammelt sich in den grünen Theilen der Pflanze gegen den Herbst in immer größerer Menge an, es bleibt unzersetzt zurück, wenn auch der grüne Farbstoff, das Chlorophyll, in der weiteren Entwicklung der

Chlorophyll oder Blattgrün.

Pflanze zerstört wird, so in den grünen Früchten, wenn diese sich dem Zustande der Reife nähern und in den Blättern, wenn diese im Herbste sich roth und gelb färben. Es scheint nämlich das Chlorophyll, wie es unter dem Einflusse des Lichtes aus einem noch unbekannten Stoffe entsteht, so auch durch das Licht fortwährend wiederum eine Zersetzung zu erleiden; so lange nun noch der Stoff, aus welchem das Chlorophyll erzeugt wird, in hinreichender Quantität vorhanden ist, bleibt auch die grüne Farbe unverändert oder wird vielleicht durch eine größere Anhäufung des Chlorophylls noch intensiver; so wie aber gegen den Herbst der Vorrath an jenem Stoffe erschöpft ist, so wird das Chlorophyll zersetzt, ohne daß es aufs Neue gebildet wird, und es treten nun die verschiedenen Zersetzungsproducte mit ihrer eigenthümlichen gelben, rothen oder blauen Farbe hervor. Daß hier auch die Structurverhältnisse der Pflanzentheile bei der Erzeugung des Chlorophylls eine Bedeutung haben, ergiebt sich daraus, daß durch örtliche Verletzungen eines Blattes, wie durch Insektenstiche, Hagelschlag u. s. w., diese Bildung aufgehoben wird, indem hier nur die zersetzende Kraft des Lichtes oder der Atmosphäre wirksam auftritt und die Umänderung des grünen Farbstoffes in einen gelben oder rothen bewirkt, nicht aber neues Chlorophyll sich erzeugen kann. Das Chlorophyll kommt im Zellensafte in der Form von gallertartigen unregelmäßigen Körnchen, welche nur eine scheinbar größere Festigkeit und Consistenz annehmen, wenn sie andere Körper überziehen, so z. B. die Stärkekügelchen, welche oft deutlich und allmählig in farbloses Chlorophyll oder in die wachsartige Substanz übergehen. Sehr häufig bemerkt man nämlich einen Kern von Stärke in den Chlorophyllkörnchen, welcher Kern an Größe nach und nach abnimmt und endlich ganz verschwindet, wenn nämlich die Umwandlung der Särke vollständig erfolgt ist. Aus der Stärke und dem aus ihr gebildeten Wachse kann nicht unmittelbar das grüne Chlorophyll entstehen, denn dieses ist ein stickstoffhaltiger Körper, es muß also auch ein solcher an dessen Bildung Antheil haben, ohne Zweifel eine Proteinverbindung.

Verhalten des Chlorophylls zur Sauerstoffausscheidung.

Es ist bekannt, daß die Sauerstoffausscheidung aus der lebenden Pflanze nur mittelst der grünen Theile derselben namentlich der Blätter geschieht. Wenn in den Blättern die Stärke in Wachs übergeht, so kann dieses nur auf dem Wege der Reduction geschehen und es muß, weil das Wachs weit weniger Sauerstoff enthält als die Stärke, entweder Sauerstoff frei werden oder gleichzeitig höher oxydirte Körper entstehen. Ohne Zweifel ist in dem Prozeß der Wachsbildung eine der

vielen Quellen zu suchen, welche die Sauerstoffausscheidung in der Pflanze bewirken, und ohne Zweifel steht mit dieser Sauerstoffausscheidung die Bildung des Chlorophylls als eines ziemlich sauerstoffreichen Körpers in innigem Zusammenhange. Keineswegs aber kann die Ausscheidung der ganzen Sauerstoffmenge durch den in den Blättern und anderswo stattfindenden Uebergang von Stärke in Wachs erklärt werden, und ebensowenig ist anzunehmen, daß die Kohlensäure einzig und allein in den Blättern oder überhaupt in den grünen Theilen der Pflanze zersetzt und ein Theil oder die ganze Menge ihres Sauerstoffes abgeschieden wird und daß also die bedeutende Quantität an Kohlensäure, welche aus dem Erdboden durch die Wurzeln mit der Feuchtigkeit aufgenommen wird, unverändert durch den ganzen Organismus der Pflanze hindurch gehen sollte, um erst in den Blättern eine Zersetzung zu erleiden. Wenn wir nur in den grünen Theilen der Pflanze eine Ausscheidung von Sauerstoff bemerken, so glaube ich wohl, daß in dieser Ausscheidung die Ursache der Bildung des Chlorophylls aus einem sauerstoffarmen Körper zu suchen sei, nicht aber möchte daraus hervorgehen, daß jene Ausscheidung selbst an die Gegenwart von Chlorophyll nothwendig gebunden sei und die Trennung des Sauerstoffes in den betreffenden Verbindungen erst in den Blättern und hier einzig und allein erfolge. Mit Bestimmtheit wissen wir, daß die Sauerstoffausscheidung in der Pflanze nur unter dem Einflusse des Tageslichtes erfolge, nicht aber daß sie durch die Gegenwart von Chlorophyll gleichzeitig bedingt sei; vielmehr ist es höchst wahrscheinlich, daß überall in der Pflanze, wo nur das Licht seinen Einfluß ausüben kann, die Freiwerdung von Sauerstoff erfolge und daß die Entwicklung dieses Gases aus den Blättern und anderen grünen Theilen ganz einfach durch die Strukturverhältnisse der Pflanze bewirkt wird, und weil gerade diese Theile dem Licht und der Luft eine große Oberfläche darbieten. Der Sauerstoff wird gewiß nicht immer direkt und allein aus der Kohlensäure und dem Wasser frei, sondern eine Menge anderer Reductionsprozesse, wie bei dem Uebergang von Stärke, Dextrin und Zucker in harz-, öl- oder wachsartige Stoffe, nehmen an dieser Ausscheidung Theil, so wie auch die Menge des entwickelten Sauerstoffes wiederum durch die unter gewissen Verhältnissen und in einzelnen Pflanzentheilen thätigen Oxydationsprozesse vermindert und überhaupt mannigfach modificirt wird.

Allen bisher angeführten vegetabilischen Substanzen steht eine Classe von Producten des Pflanzenreiches gegenüber, welche für die

Entwicklung der ganzen Pflanze und für alle in derselben auftretenden Prozesse von der höchsten Bedeutung ist; es sind die stickstoffhaltigen, sogenannten proteinartigen Körper, welche unbestreitbar zu den durchaus wesentlichen in jeder Pflanze und jedem Theile derselben nothwendig vorhandenen vegetabilischen Substanzen gehören. Selbst die jüngsten Theile der Pflanze und die einfachsten Formen derselben enthalten schon Proteinverbindungen; die Hefenzelle, von welcher oben die Rede war, besteht in ihrer festen Wand aus Zellstoff oder Cellulose, während in ihrem wässerigen Inhalte eine eiweißartige Substanz, also eine Proteinverbindung sich aufgelöst vorfindet. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Proteinkörper zuerst vorzugsweise in den Wurzeln gebildet und von hier in alle Theile der Pflanze übergeführt werden, aus welchen sie sich in der Periode der Reife wiederum nach der Frucht oder den Samenkörnern zusammenziehen und in den letzteren sich ganz besonders anhäufen. Die Proteinverbindungen können mancherlei Aenderungen unter einander erleiden, und, wie es scheint, gegenseitig in einander übergehen, und zwar aus dem Grunde, weil die Zusammensetzung aller dieser Körper fast ganz dieselbe ist; allen dient ein und derselbe Stoff zur Basis, nämlich das sogenannte Protein und die verschiedenen Proteinsubstanzen, welche im Pflanzenreich auftreten, sind nur Modificationen desselben Stoffes, des Proteins, entweder völlig gleich zusammengesetzt oder in ihren verschiedenen Eigenschaften durch die Aufnahme von ganz geringen Mengen von Phosphor und von Schwefel bestimmt, welche letzteren Elemente jedoch kaum $1/2$ und nie mehr wie 1 Proc. der ganzen Substanz ausmachen. Je nach ihrem Verhalten zu den Auflösungsmitteln haben die Verbindungen des Proteins verschiedene Benennungen erhalten; sind sie in heißem Wasser auflöslich, so nennt man sie Legumin (Pflanzencasein oder Pflanzenkäsestoff); sind sie in kaltem Wasser auflöslich, während sie beim Erhitzen der Flüssigkeit gerinnen oder coaguliren, so heißen sie Pflanzenalbumin oder Pflanzeneiweiß; bereits im coagulirten Zustande in der Pflanze vorkommendes Eiweiß wird Pflanzenfibrin oder Kleber genannt, während der Stoff, welcher aus dem Kleber der Getreidearten mittelst Alkohol ausgezogen werden kann, den Namen des Pflanzenleims erhalten hat. Die angeführten vegetabilischen Substanzen haben genau dieselben Eigenschaften und Zusammensetzung, wie die gleichnamigen Bestandtheile des thierischen Organismus, sie sind mit denselben identisch und gehen mit der Nahrung, wie es scheint,

Proteinstoffe.

unverändert aus dem Pflanzenreiche in das Thierreich über, indem nur die unlöslichen Modificationen des Proteins in die auflöslichen oder umgekehrt verändert werden. Auch in den Pflanzen selbst treten diese Umänderungen häufig ein, indem die auflöslichen eiweißartigen Substanzen schon bei Gegenwart von freien Säuren coaguliren und dagegen der in Wasser unlösliche Kleber durch Alkalien und kohlensaure Alkalien wieder aufgelöst und weiter fortgeführt werden kann.

Verhalten der Proteinstoffe in der Pflanze.

Die angeführten stickstoffhaltigen Verbindungen erleiden außerhalb des Organismus sehr leicht eine Umänderung und haben die Fähigkeit, auch auf andere selbst stickstofffreie Substanzen zersetzend einzuwirken, sie äußern diese zersetzende und umwandelnde Thätigkeit in vielerlei Prozessen, so bei der Gährung, Fäulniß 2c. Es ist gewiß, daß diese Körper auch im Organismus der Pflanze eine wichtige Rolle spielen, daß sie recht eigentlich das Anregende und Bestimmende bei der Stoffbildung und Umwandlung in der Pflanze ausmachen und daß bei völliger Abwesenheit derselben auch kein Zellstoff, keine Stärke und überhaupt keine organische Substanz erzeugt werden kann. Ob aber bei der Entwicklung der Pflanze die einmal gebildeten Proteinkörper, wie es z. B. bei der Gährung geschieht, fortwährend wieder zerstört werden, um aufs Neue sich zu erzeugen, oder ob sie nur durch ihre Gegenwart thätig sind und einmal gebildet im Organismus sich erhalten, um bei der Reife der Pflanze in bestimmten Theilen sich auszuscheiden und anzusammeln, darüber läßt sich nichts Bestimmtes mittheilen. Das Protein findet sich stets in jüngeren Pflanzenzellen, besonders in den Wurzelspitzen in größerer Menge als in den älteren Zellen, es wird ohne Zweifel gleichzeitig mit dem Dextrin aus den einfachen Nahrungsstoffen der Pflanze erzeugt und bewirkt, indem es von den äußersten Wurzelspitzen aus mit dem Pflanzensafte alle Organe durchdringt, auf seinem Wege fortwährend eine Umänderung der Stoffe, mit welchen es in Berührung tritt.

b. Bewegungen des Pflanzensaftes.

Es sind von den Pflanzenphysiologen verschiedene Arten von Bewegungen des Pflanzensaftes beobachtet oder doch behauptet worden, von denen ich zunächst die innerhalb einer einzelnen Pflanzenzelle vorkommenden kurz beschreiben will.

Bewegungen innerhalb der einzelnen Zelle.

Bei einzelnen Pflanzen und zwar solchen, welche entweder gänzlich von Wasser umgeben sind oder doch

eine große Menge Feuchtigkeit zu ihrer Existenz gebrauchen und die zugleich zu den niedriger organisirten gehören, so bei den Pflanzen aus den Familien der Characeen, Najaden und Hydrochariden hat man in jeder einzelnen Zelle einen einfachen an der einen Seite aufsteigenden und an der anderen Seite absteigenden Strom beobachtet, an welchem vorzugsweise eine schleimige halbflüssige und von dem übrigen völlig flüssigen Zelleninhalte verschiedene Masse Theil nimmt. Besonders deutlich bemerkt man diesen Strom, wenn zu gleicher Zeit feste, unlösliche und zuweilen auffallend gefärbte Kügelchen vom Strome fortbewegt werden, wie z. B. Stärke, Chlorophyll und andere Substanzen. Diese Erscheinung läßt sich nirgends mit Sicherheit bei den höheren Landpflanzen nachweisen und also diese circulirende Bewegung in dem Zelleninhalte nicht als an allgemeine in allen Pflanzen auftretende Prozesse gebunden und durch dieselben bedingt ansehen. Die Ursache dieser auffallenden Bewegung ist völlig unbekannt und es läßt sich nur als wahrscheinlich vermuthen, daß dieselbe in gewissen diesen Pflanzen vorzugsweise zukommenden chemischen Prozessen zu suchen sei.

Eine andere oder der angeführten ähnliche, aber weit complicirtere Bewegung des Zelleninhaltes findet man ganz allgemein in allen vollständig entwickelten und noch mit ihrer ganzen Lebensthätigkeit versehenen Pflanzenzellen. Diese Bewegung zeigt sich, nach Schleiden's Beobachtungen, „als ein eigenthümliches System kleiner vielfach verästelter und unter einander anastomosirender Strömchen einer schleimigen, mit kleinen dunkeln Körnchen gemischten Flüssigkeit, welche von dem immer gleichzeitig vorhandenen Zellenkern ausgehen und zu ihm zurückkehren, die innere Fläche der Zellenwand bedecken oder queer durch die Höhlung von einer Wand zur andern laufen, ohne sich mit der übrigen meist wasserhellen Zellenflüssigkeit zu vermischen." Diese Strömungen, welche nicht immer eine gleiche Richtung beobachten und selbst in einer und derselben Zelle je nach der Entwicklung derselben mancherlei Aenderungen erleiden, sind bei den verschiedensten Pflanzen beobachtet worden und Schleiden vermuthet dieselben in allen Pflanzenzellen, so lange der Zellenkern noch lebensthätig ist. Die Substanz, welche an dieser Bewegung Theil nimmt und auch dieselbe hervorzurufen scheint, ist das Protein und dessen Verbindungen. Der in den ganz jungen und einfachen Zellen befindliche gleichförmige Inhalt trennt sich zuerst in eine Menge kleiner Höhlungen, welche mit einem mehr wässerigen Safte angefüllt, dagegen mit einer dickflüssigen schleimigen Masse umgeben sind;

die letztere zieht sich allmählig nach der Zellenwand hin und bildet auf derselben gleichsam eine bewegliche Schicht stickstoffhaltiger Substanzen, welche nun theilweise eine granulöse Beschaffenheit annehmen und in fadenförmigen Strömchen an der Zellenwand sich hinbewegen, während auch einzelne quer durch die Zelle laufende Fäden sichtbar werden. Diese Bewegung scheint in der That allen Pflanzenzellen gemeinschaftlich zu sein und steht ohne Zweifel mit der Assimilation und Umwandlung der Nahrungsstoffe in einem innigen Zusammenhange.

Fortbewegung des Saftes in der ganzen Pflanze.

Der wässerige Pflanzensaft steigt von Zelle zu Zelle empor und verbreitet sich fortwährend in alle noch lebensthätigen Theile der Pflanze. An der Oberfläche der Pflanze verdunstet in jedem Augenblicke Wasser, welches wiederum durch die Wurzeln dem Erdboden entzogen werden muß, wenn nicht der ganze vegetabilische Lebensprozeß wegen Mangel an Wasser verlangsamt und endlich völlig aufgehoben und so also der Tod der Pflanze herbeigeführt werden soll. Wir haben schon früher darauf aufmerksam gemacht, daß die Ursache der Aufnahme von Bodenfeuchtigkeit durch die Pflanze in der Wechselwirkung, welche zwischen zwei Flüssigkeiten von verschiedener Concentration stattfindet, begründet ist, in dem Bestreben der concentrirteren Flüssigkeit, mit einer verdünnteren Auflösung fester Substanzen sich ins Gleichgewicht zu setzen. Daß ein solches Bestreben wirklich existirt, darüber kann, zahlreichen Beobachtungen und

Endosmose des Pflanzensaftes.

Versuchen zufolge, kein Zweifel sein. Wenn die concentrirtere Flüssigkeit im Innern eines Gefäßes oder eines organisirten Körpers sich befindet, so daß also eine Aufnahme von Flüssigkeit von Außen her statt hat, so nennt man diesen Prozeß des Einströmens E n d o s m o s e, beobachtet man dagegen ein Austreten der Flüssigkeit von Innen nach Außen, so bezeichnet man dieses Verhalten mit dem Namen der E x o s m o s e. Die angedeutete Wechselwirkung zweier Flüssigkeiten wird zwar modificirt, aber nicht aufgehoben, wenn dieselben durch eine thierische oder vegetabilische Membran getrennt sind. Man muß sich nämlich hier den Vorgang so denken, daß auch die Membran ein Bestreben hat, sich mit der Flüssigkeit zu sättigen, und zwar geschieht dies von beiden Seiten her; da aber nur von Seiten der concentrirteren Auflösung eine Aufnahme der Flüssigkeit stattfindet, so muß natürlich die der Membran entzogene Feuchtigkeit aus der mehr wässerigen Auflösung fortwährend wiederum ersetzt, und auf diese Weise ein förmlicher ununterbrochener Strom in einer bestimmten Richtung veranlaßt werden. Dieser Strom wird hinsichtlich seiner Stärke vielfach verändert, sowohl nach der Beschaffenheit

des Zelleninhaltes, als auch nach der Natur der Zellenmembran selbst. Dutrochet, dem wir die Entdeckung der Prozesse der Endosmose und Exosmose verdanken, hat über die Kraft der Anziehung zwischen verschiedenen Auflösungen einige Beobachtungen angestellt, und gefunden, daß diese endosmotische Kraft sich bei Gummi, Zucker und Eiweiß in Bezug auf reines Wasser, wie 1:2, 11:2,30 verhält, so daß also, wenn in einer bestimmten Zeit von der Gummilösung 1 Theil Wasser angezogen wird, in derselben Zeit und bei derselben zwischen den Flüssigkeiten liegenden Membran, und bei gleicher Concentration, von der Zuckerlösung 2,11 und von der Eiweißlösung 2,30 Th. Wasser aufgenommen wird. Wie groß ferner diese endosmotische Kraft wenigstens in vielen Fällen sein muß, ergiebt sich aus der Beobachtung Dutrochet's, daß dieselbe beim Eiweiß einem Drucke von $2^1/_2$ Atmosphären das Gleichgewicht hält. In der Pflanzenzelle ist nun bekanntlich eine wechselnde Menge von eiweiß- oder überhaupt auflöslichen proteinartigen Stoffen, ferner stets Dextrin, Gummi und Zucker enthalten, der Inhalt selbst also als ein Gemenge der Auflösungen dieser verschiedenen Substanzen anzusehen. Je nachdem der eine oder der andere der angeführten Körper in der Flüssigkeit vorherrscht, ist auch das endosmotische Vermögen der letzteren verschieden. In der jungen Pflanzenzelle ist fast allgemein die Menge der Proteinverbindungen und des Zuckers bedeutend größer als in den älteren Zellen, in jenen ist daher auch das Bestreben, Feuchtigkeit dem Boden zu entziehen, beträchtlicher, sie enthalten stets mehr Wasser, sie sind saftreicher als die älteren Theile der Pflanze, in deren Zellen die Dextrin- und Gummilösungen vorherrschen, und namentlich die stickstoffhaltigen Substanzen in weit geringerer Menge auftreten. So wie also während des Vegetationsprozesses, hier Dextrin in Zucker und dort umgekehrt Zucker in Dextrin übergeht, oder unlösliche Gebilde, wie Cellulose, Stärke ꝛc. sich aus dem Pflanzensafte ausscheiden, muß stets und in jedem Augenblicke eine Aenderung im endosmotischen Verhalten der verschiedenen Flüssigkeiten eintreten, welche Modificationen auch noch wesentlich durch die außerhalb der Pflanze vorhandenen Witterungs- und Temperaturverhältnisse, besonders durch die Stärke der Verdunstung bewirkt werden; niemals aber hört die Endosmose vollständig auf, so lange noch eine Spur von Lebensthätigkeit in der Pflanzenzelle vorhanden ist.

Modification derselben durch den Zelleninhalt.

Auch die Strukturverhältnisse der ganzen Pflanze sowohl, wie jeder einzelnen Zellenmembran müssen eine Wirkung äußern auf das endosmotische Verhalten der Flüssigkeiten. Von der Struktur der ganzen

Durch die Stärke der Ausdunstung.

Pflanze hängt wesentlich die Stärke der Ausdunstung ab, unter sonst gleichen äußeren und inneren Verhältnissen. In der Jugend der Pflanze, so lange alle Organe noch eine weiche, elastische, bildsame Beschaffenheit haben und die Epidermis noch für die Feuchtigkeit einen höheren oder geringeren Grad der Durchdringbarkeit besitzt, muß natürlich die wässerige Feuchtigkeit weit schneller verdunsten, als wenn bei weiterer Entwicklung die einzelnen Theile unter sich und gegen die äußere Atmosphäre durch dichtere und festere Gewebe sich mehr abgeschlossen haben. Daß auch die einzelnen Pflanzen in dieser Hinsicht ein ganz verschiedenes Verhalten zeigen, auch wenn man sie auf derselben Stufe der Entwicklung mit einander vergleicht, ergiebt sich von selbst und bedarf keiner weiteren Ausführung. Aber auch die verschiedenen Zellenmembranen, welche den Uebergang der Flüssigkeiten vermitteln, müssen bei der Betrachtung der Endosmose in Erwägung gezogen werden. Freilich sind unsere Kenntnisse in dieser Hinsicht noch völlig ungenügend, und wir können nur aus dem Verhalten anderer, vorzugsweise der thierischen Membranen auf das der vegetabilischen Gewebe Schlüsse ziehen, sowie aus einigen allgemeinen Thatsachen über die Aufnahme und Verbreitung gewisser Stoffe im Organismus der Pflanze abnehmen, daß die verschiedenen Häute in derselben Pflanze, oder noch mehr die analogen Membranen in den verschiedenen Pflanzen hinsichtlich ihrer Durchdringbarkeit für dieselben Stoffe mancherlei Abweichungen zeigen. Man hat z. B. beobachtet, daß Wasser zum Alkohol übergeht, wenn beide Flüssigkeiten durch eine thierische Blase von einander getrennt sind, dagegen tritt das umgekehrte Verhältniß ein, wenn die trennende Substanz aus einem dünnen Kautschukhäutchen besteht. Wenn man ferner eine thierische Blase mit Oel eingerieben, und mit einem Gemenge von Oel und Eiweiß angefüllt, in eine ähnliche Flüssigkeit hineinlegt, so läßt jene nur Oel durch sich hindurch, während dagegen nur Eiweiß aufgenommen wird, wenn man zum Einreiben der Blase statt des Oeles Eiweiß verwendete. Wir wissen endlich, daß aus den im Erdboden vorhandenen wässerigen Lösungen der Mineralsalze, die letzteren keineswegs in demselben Verhältnisse von den Wurzeln der Pflanze aufgenommen werden, als sie in der Flüssigkeit aufgelöst sich vorfinden, und daß also in den verschiedenen Pflanzen die aufgenommenen Mineralstoffe in quantitativer Hinsicht ganz abweichende Verhältnisse zeigen. Diese Erscheinungen können allerdings zum großen Theile in dem Auftreten verschiedener chemischer Prozesse, und in der Erzeugung verschiedener Pflan-

Durch die Beschaffenheit der Zellenmembran.

zenstoffe ihre Erklärung finden, indem hierdurch je nach der thätigen Mitwirkung der einzelnen Mineralstoffe bei der Stoffbildung und Umwandlung auch eine stärkere oder schwächere Anziehung und Aufnahme derselben stattfindet; daß aber auch die mechanische Beschaffenheit der Membran oder deren Struktur hierbei eine bedeutende Rolle spielt, darüber kann kein Zweifel sein, wenn man bedenkt daß trotz der großen Gleichförmigkeit der allgemein verbreiteten organischen Stoffe, namentlich in der jungen Pflanze, dennoch so überaus abweichende quantitative Verhältnisse bei den Mineralstoffen in den verschiedenen Pflanzen, die auf einem und demselben Boden oder in derselben Flüssigkeit wachsen, beobachtet werden.

Was so eben von der einzelnen Zelle gesagt worden ist, gilt auch von dem ganzen Zellengewebe und von der ganzen Pflanze; überall muß hier in Folge der endosmotischen Anziehung der verschiedenen Flüssigkeiten eine stete Fortbewegung des Pflanzensaftes von unten nach oben hin stattfinden, zunächst veranlaßt durch das Verdunsten des Wassers von der Oberfläche der Blätter und aller saftigen Theile, und vielfach modificirt durch die Stoffbildung in den einzelnen Organen und durch die trennende Zellenmembran selbst. Es besteht in jeder Pflanze ein aufsteigender Strom des Saftes und der in demselben in vollkommener Lösung befindlichen festen organischen und unorganischen Substanzen. Der Strom geht von Zelle zu Zelle, so lange in dieser noch eine Lebensthätigkeit vorhanden ist, erst wenn die Zellenwand durch Ablagerung dicker Holzschichten für Flüssigkeiten undurchdringlich wird, oder wenn durch die Stärke der Strömung die Zwischenwände der Zellen zerrissen oder noch häufiger zu gewissen Perioden der Entwicklung wiederum von dem Safte selbst aufgelöst werden, so daß sich lange, ungetheilte Röhren, sogenannte Gefäße bilden, dann zieht sich aus denselben der Saft zurück, indem sie die Fähigkeit verlieren, neue Feuchtigkeit dem Boden zu entziehen, und an die Stelle des Pflanzensaftes tritt die Luft. Die oben unter dem Namen der Gefäße beschriebenen Elementarorgane der Pflanze führen im normalen Zustande stets Luft, nie eine Flüssigkeit, welche nur in einzelnen Fällen in dieselben austritt, wenn ein Uebermaß von Saft in der Pflanze enthalten ist, oder wenn vielleicht besondere Secrete aus den Zellen ausgeschieden werden und durch die Zellenwand in die angränzenden Gefäße hineingepreßt werden.

Aufsteigender Strom des Saftes.

In der Pflanze existirt keine Circulation des Saftes wie die des Blutes in den Thieren; es ist kein Auf- und Niedersteigen der Flüssig-

Nichtexistenz eines niedersteigenden Stromes.

keiten zu beobachten, es giebt keinen rohen Saft, der von den Wurzeln aufgenommen bis zu den Blättern hingeführt würde, und von hier gleichsam verarbeitet auf demselben Wege wiederum zurückkehrte. Mulder hat die Ansicht aufgestellt, daß es allerdings keine niedersteigende Bewegung der Flüssigkeit oder des Saftes gäbe, wohl aber ein Niedersinken der festen assimilirten Stoffe, welche unter dem Einfluß des Lichtes in den Blättern bereitet würden, und von hier zu den unteren Theilen der Pflanze sich hinzögen, um in diesen besonders zur Holzbildung mitzuwirken. Er beruft sich darauf, daß die Endosmose stets von einer Exosmose begleitet wird, daß, wenn eine verdünntere Flüssigkeit in eine concentrirtere Auflösung übergehe, stets auch etwas von der letzteren zu der ersteren sich hinziehe, und daß also von beiden Seiten her eine Wiederherstellung des gestörten Gleichgewichtes stattfinde. Die hier angedeutete Exosmose besteht allerdings, die Wirkung derselben ist aber direkten Beobachtungen zufolge, und besonders unter den hier statthabenden Verhältnissen so unbedeutend, daß sie kaum in Betracht kommt, und doch nur in einzelnen krankhaften oder künstlich herbeigeführten Zuständen bei der Pflanze eine Bedeutung für die ganze Entwicklung derselben gewinnt. Außerdem begreift man in der That ein solches Niedersinken von festen Stoffen in einer Auflösung, ohne daß das auflösende Medium zugleich an dieser Bewegung Theil nimmt, durchaus nicht. Freilich wird ein großer Theil, vielleicht der größte Theil der Kohlensäure durch die Blätter aus der Atmosphäre in die Pflanze übergeführt, es ist aber durch Nichts bewiesen und sogar im höchsten Grade unwahrscheinlich, wohl geradezu unmöglich, daß diese Kohlensäure sofort in den Blättern eine Zersetzung erleide, der Sauerstoff ausgeschieden und die feste Substanz assimilirt werde. Die ganze Struktur der Pflanze steht hiermit in Widerspruch; denn die Aufnahme von gasförmigen Stoffen aus der Luft kann nur durch die Spaltöffnungen der Blätter geschehen, diese bilden das Ende von Intercellulargängen; wenn also in diese die Kohlensäure eindringt, so wird sie auch sehr bald in alle Theile der Pflanze hin sich verbreiten und in jeder einzelnen Zelle ihre Assimilation zugleich mit derjenigen der aus dem Boden durch die Wurzeln in dem Pflanzensafte aufsteigenden Kohlensäure stattfinden; in jeder Pflanzenzelle, welche nur dem Einflusse des Lichtes ausgesetzt ist, wird Sauerstoff abgeschieden und auf demselben Wege durch die Intercellulargänge in die umgebende Atmosphäre hinausgeführt. Alle während des Wachsthums der Pflanze auftretenden Erscheinungen und Prozesse lassen sich weit besser erklären,

wenn man nur einen einzigen und zwar aufsteigenden Strom des Pflanzensaftes annimmt, für einen Strom in entgegengesetzter Richtung giebt es keinen Beweis, und keine zuverlässigen Beobachtungen bestätigen denselben. Wir haben freilich oben bei einigen niederen Pflanzen von der Circulation des Saftes und von dem Auf- und Niedersteigen desselben gesprochen, es war aber dort nur von der Bewegung im Innern einer einzelnen Zelle die Rede und nicht von der Bewegung des ganzen Pflanzensaftes. Es ist nämlich jene Bewegung mit dieser durchaus nicht zu verwechseln und wahrscheinlich sind beide völlig unabhängig von einander; während die Bewegungen im Innern der einzelnen Pflanzenzelle durch die hier stattfindenden mannigfachen chemischen Prozesse veranlaßt und erhalten werden, wird das Aufsteigen des ganzen Pflanzensaftes vorzugsweise durch die rein physikalische endosmotische Kraft des ganzen flüssigen Zelleninhaltes hervorgebracht.

F. Das Leben und die Entwicklung der Pflanze von dem ersten Keime bis zur Reife der Frucht.

In dem Vorhergehenden sind alle Erscheinungen und Prozesse, welche während des Wachsthums und der Ernährung der Pflanze auftreten und sich thätig zeigen, beschrieben und überhaupt das Wichtigere von dem mitgetheilt worden, was bisher dem Chemiker und Physiologen, oder beiden vereint gelungen ist über das vegetabilische Leben zu erforschen. Es wird, wie ich glaube, im hohen Grade dazu beitragen, von den angeführten Prozessen und Erscheinungen und ganz besonders von ihrer vereinten Thätigkeit eine klare Anschauung zu gewinnen, wenn wir hier am Schlusse des ersten allgemeinen und rein wissenschaftlichen Theiles dieses Werkes, einen kurzen Rückblick auf das Vorhergehende werfen und uns nochmals das Leben der Pflanze in seinen verschiedenen Entwicklungsperioden vergegenwärtigen. Die mannichfachen Beobachtungen und erforschten Thatsachen, welche wir im Speciellen und Einzelnen betrachtet haben, werden durch die folgende Zusammenstellung nicht allein an Uebersicht gewinnen, sondern wir werden hier auch Gelegenheit finden, noch einige Verhältnisse im vegetabilischen Organismus zu berühren, welche bisher noch keine Erwähnung gefunden haben, aber gleichwohl hier Beachtung verdienen, wo wir das Ganze des vegetabilischen Lebens oder die einzelnen Erscheinungen in ihrem inneren

organischen Zusammenhange, und ihrer gegenseitigen Abhängigkeit übersichtlich darstellen wollen.

Erwachen der Lebensthätigkeit im Keime.

Die erste Thätigkeit, welche man an einem keimfähigen Samenkorne bemerkt, wenn dieses dem Zutritt der Luft, Wärme und Feuchtigkeit ausgesetzt wird, äußert sich in der Anziehung und Bindung des Wassers. Diese Anziehung ist nach der Struktur und der chemischen Beschaffenheit des Samens eine verschiedene; entweder nämlich dringt die Feuchtigkeit gleichzeitig von allen Seiten her ins Innere des Samens ein, wenn die Samenhüllen leicht durchdringlich gegen die Feuchtigkeit sind, so z. B. bei dem Leinsamen, oder die äußeren Häute lassen im Ganzen nur wenig und langsam Feuchtigkeit hindurch und diese tritt dann vorzugsweise durch die sogenannte Naht oder den Nabel ein, an der Stelle, wo die Samenhüllen von beiden Seiten her zusammenkommen, und in der Regel eine schmale Spalte oder einen nur wenig und dünn bekleideten Punkt zwischen sich lassen. Hier liegt dann auch der Keim oder Embryo der jungen Pflanze und stets zeigt die Feuchtigkeit ein großes Bestreben, mit dem Embryo in Berührung zu treten, so daß auch nach der Lage desselben die Art der Wasseraufnahme zum Theil bestimmt wird. Ist nämlich die Lage des Embryos im Samenkorne eine gerade, so erfolgt das Eindringen der Feuchtigkeit häufig ziemlich gleichmäßig von allen Seiten, während, wenn der Keim an der einen Seite liegt und hier oft nur einen kleinen Theil des Samens einnimmt, dagegen von dicken Samenlappen oder einem mächtigen sogenannten Eiweißkörper umgeben wird, die Feuchtigkeit auch zuerst und vorzugsweise an dieser Stelle, welche zugleich die Naht oder den Nabel bildet, aufgenommen wird. Die zuerst angeführte Erscheinung bemerken wir z. B. bei dem Lein, die letztere, welche die gewöhnlichere ist, bei den Samen der Cerealien, Hülsenfrüchte und vieler anderen Gewächse. Es muß ferner das Bestreben und die Größe der Aufnahme des Wassers auch durch die chemische Beschaffenheit des Samenkornes wesentlich modificirt und bedingt sein; die auflöslichen stickstoffhaltigen, oder eiweißartigen Stoffe haben ein weit größeres endosmotisches Vermögen, also äußern eine weit größere Anziehung zu der Feuchtigkeit, als die stickstofffreien Substanzen, Dextrin, Gummi &c., ganz besonders, wenn diese, wie die Stärke, unlöslich sind in Wasser. Es sind also bei den meisten Samenkörnern die stickstoffhaltigen Bestandtheile, welche sich zuerst mit Wasser sättigen und dieses erst später auch den übrigen Substanzen nach und nach mittheilen; gewöhnlich ist der Keim selbst und dessen

Hinzutreten von Feuchtigkeit.

Umgebung besonders reich an stickstoffhaltigen Stoffen, und es muß schon aus diesem Grunde die Feuchtigkeit des Bodens zuerst mit dem Embryo oder Keime in Berührung treten. Den stickstoffhaltigen Substanzen verhalten sich in physikalischer Hinsicht sehr ähnlich die gallertartigen Stoffe, welche ebenfalls zuweilen im Samen in größerer Menge vorhanden sind; auch diese nämlich ziehen Feuchtigkeit mit großer Energie an, schwellen auf und theilen dieselbe sehr leicht den Umgebungen mit. In dem Leinsamen sind z. B. die Zellen der äußeren Oberhaut des ganzen Samenkornes mit gallertartigen Stoffen angefüllt und deswegen erfolgt hier das Eindringen der Feuchtigkeit ziemlich gleichmäßig von allen Seiten her.

Die Aufnahme von Feuchtigkeit durch das Samenkorn ist also die Folge eines rein physikalischen Prozesses, welcher sich auch noch dahin äußert, daß zunächst die Theile des Embryos und seiner Umgebung aufschwellen, ihr Volumen vergrößern und damit die ausgetrockneten Zellenwandungen ihre frühere Geschmeidigkeit und Durchdringbarkeit für Flüssigkeiten und Auflösungen wieder erhalten. Mit dem Wasser treten auch die in demselben aufgelösten Stoffe mit den Bestandtheilen des Samenkornes in Wechselwirkung, es beginnt eine chemische Thätigkeit von Materie auf Materie. Bekanntlich ist es der freie Sauerstoff, welcher fast alle in der Natur auftretenden chemischen Prozesse einleitet; auch der Keimprozeß ist bedingt durch die Gegenwart und die Wirkung des Sauerstoffes. Ohne Zweifel sind es wiederum die stickstoffhaltigen Stoffe, welche zuerst eine Umänderung erleiden, es bildet sich unter Aufnahme von Sauerstoff aus dem Kleber oder Eiweiß ein neuer Körper, die sogenannte Diastase, welche die durch den Sauerstoff erregte chemische Thätigkeit auch auf die übrigen stickstofffreien Substanzen überträgt. Es tritt nun eine Wechselwirkung zwischen der Diastase und den ursprünglichen Bestandtheilen des Samenkornes ein, unter Mitwirkung des Sauerstoffes und des Wassers, eine Thätigkeit, welche sich in chemischer Hinsicht zunächst auf dreierlei Weise zu erkennen giebt, in der Umwandlung der Stärke in Dextrin und Zucker, in der Entweichung von Kohlensäure, und in dem Austreten eines Theiles des vorhandenen Sauerstoffes und Wasserstoffes in der Form von Wasser. In Folge der beiden letzteren Erscheinungen ergiebt sich eine Verminderung des absoluten Gewichtes im Samenkorne. Es ist keineswegs klar, auf welche Art diese verschiedenen Erscheinungen bewirkt werden. Die Diastase ist ihrer Zusammensetzung nach nicht bekannt, sie kann aber möglicherweise entstehen

Einwirkung des Sauerstoffes.

Umwandlung der Stärke.

aus dem Kleber oder Eiweiß durch einfache und direkte Aufnahme des Sauerstoffes; ob aber die gebildete Diastase die Umwandlung der Stärke in auflösliches Dextrin und in Zucker bewirke, oder ob hierbei andere Substanzen, vielleicht der Sauerstoff selbst thätig sind, darüber fehlen uns alle direkten Beweise. Die Diastase hat allerdings die Fähigkeit, jene Umwandlung der Stärke auch außerhalb des Organismus, bei höherer Temperatur, zwischen 40° und 60° zu bewirken, bei gewöhnlicher Temperatur erfolgt diese Einwirkung keineswegs; es müssen also in dem keimenden Samenkorn außer der Diastase noch andere Stoffe ihre chemische Thätigkeit zur Bildung des Dextrins und Zuckers ausüben oder hierbei die organische Struktur des Samenkornes irgend eine uns unbekannte und unbegreifliche Rolle spielen. Wir können nur den Erfolg erkennen, die Ursachen desselben bleiben uns dunkel. Wir wissen, daß Sauerstoff von dem keimenden Samen absorbirt wird und dafür Kohlensäure und Wasser austreten; wir wissen aber nicht, auf welche Weise die Bildung der letzteren Verbindungen erfolgt, ob nämlich der atmosphärische Sauerstoff zunächst auf den Wasserstoff der organischen Substanz oder auf den Kohlenstoff seine Wirksamkeit äußert. Aus Gründen der Analogie halten wir es allerdings für wahrscheinlich, daß der Sauerstoff zuerst mit dem Wasserstoff zu Wasser sich verbindet, und nun die übrigbleibenden Bestandtheile der Stärke oder eines anderen organischen Körpers, also der Kohlenstoff und Wasserstoff theilweise zu Kohlensäure zusammentreten und als solche entweichen; aber direkte Beweise fehlen uns auch hier gänzlich. Auch die stickstoffhaltige Substanz, der Kleber oder die neu entstandene Diastase muß nothwendig während des Keimens eine theilweise Zersetzung erleiden, auch diese Stoffe müssen zur Bildung und Ausscheidung von Kohlensäure, Wasser und vielleicht auch Ammoniak beitragen. Es muß endlich noch erwähnt werden, daß das Samenkorn gleichzeitig mit der Feuchtigkeit stets auch schon eine nicht unbedeutende Menge an mineralischer Substanz in sich aufnimmt, zuerst ohne Zweifel nur in Folge des endosmotischen Verhaltens der betreffenden Organe und in diesem Falle ohne eine andere Wahl zu beobachten, als die, welche durch die verschiedenartige Durchdringbarkeit der vegetabilischen Membran selbst gegeben ist; später aber, wenn erst die chemische Thätigkeit erwacht ist, und die Umwandlung und Zersetzung der organischen Verbindungen erfolgt, dann wird außer der physikalischen auch die chemische Anziehung der neu sich bildenden Stoffe zu den Mineralsubstanzen auf die Aufnahme der letzteren in qualitativer, wie besonders in

Aufnahme von Mineralstoffen.

quantitativer Hinsicht von wesentlichem Einfluß sein. Auffallend ist, daß in der jungen Pflanze, wie z. B. bei dem Hafer, die Chloralkalien in verhältnißmäßig so großer Quantität auftreten, während dieselben von der nur etwas mehr entwickelten Pflanze oft gar nicht aufgenommen werden. Ob diese Erscheinung zu der Bildung der ersten Keime selbst in irgend einer Beziehung steht, ist gänzlich unbekannt, vielleicht beruht die Thatsache, daß Salzsäure und besonders freies Chlor bei vielen Samen zur Beschleunigung des Keimprozesses beiträgt, auf derselben Ursache, welche den Uebergang der Chloralkalien in die junge Haferpflanze bedingt. Jedenfalls ist der Erfolg des ganzen Keimprozesses nicht einer einzigen Ursache, wie z. B. der Einwirkung des Sauerstoffes zuzuschreiben, sondern eine Menge ganz verschiedener Bedingungen treten hier gleichzeitig wirkend auf; und ebensowenig sind die Erscheinungen so einfach, daß allein eine Umwandlung von Stärke in Dextrin und Zucker und eine Ausscheidung von Kohlensäure und Wasser stattfände, denn in jedem Augenblicke bei dem Fortschreiten des Keimprozesses, mit der Entstehung einer jeden neuen Zelle, tritt auch in der chemischen Thätigkeit eine Modification ein, welche auf die Bildung neuer Verbindungen in qualitativer, wie in quantitativer Hinsicht einwirkt, z. B. die Erzeugung von organischen Säuren, von Harzen, Oelen rc. veranlaßt.

Physiologische Veränderung des keimenden Samenkornes.

Nebst den physikalischen und chemischen sind auch physiologische Ursachen thätig bei dem Keimen und der Entwicklung der jungen Pflanze, oder solche Bedingungen, welche im Zusammenhange stehen mit der organischen Struktur des Samenkornes. Die Zellen des Embryo's schwellen auf und dehnen sich zuerst mechanisch aus; ist schon ein Zellenkern vorhanden, so theilt sich dieser und giebt die Veranlassung zu der Entstehung von zwei neuen Zellen aus einer einzigen älteren; oder es scheidet sich aus dem Zelleninhalte ein neuer Kern ab, welcher selbstständig zu einer neuen Zelle sich entwickelt und so bildet sich Zelle auf Zelle mit außerordentlicher Schnelligkeit. Das Aufschwellen des Embryo's giebt sich oft schon, nachdem das Samenkorn nur wenige Stunden der Einwirkung von Feuchtigkeit und Wärme ausgesetzt war, in einer Verlängerung der Hauptheile desselben, des Würzelchens, Federchens und der Samenlappen zu erkennen. Die Entwicklung der jungen Pflanze zeigt sich zuerst in einer deutlichen Ausbildung des Würzelchens, indem hier schon oft eine Menge von Seitenwurzeln entstanden sind, während das Federchen, in welchem die Anfänge der über der Erde befindlichen Pflanze enthalten sind, noch wenig sich ausgedehnt

und noch nicht die äußere Samenhülle durchbrochen hat. Ueberall fast bei der Betrachtung der Ursachen des Vegetationsprozesses fehlt uns die Klarheit der Anschauung, wir können uns keine deutliche Vorstellung davon machen, wodurch das Würzelchen des Embryo's bestimmt wird, stets nach unten, mehr oder weniger senkrecht in die Erde zu dringen und weshalb das Federchen dem Lichte entgegenstrebt und in diesem Streben nicht selten bedeutende mechanische Hindernisse überwindet; man kann nur als eine noch unerklärte Thatsache hinstellen, daß der organisirten Substanz das Vermögen einwohne, unter günstigen äußeren Verhältnissen aus sich selbst heraus sich ähnliche Verbindungen und Gestalten zu erzeugen und daß sie deshalb ein Bestreben habe, in der Weise sich auszudehnen, daß alle zu ihrer völligen Entwicklung nöthigen Bedingungen erfüllt werden können. Ebenso unbegreiflich ist, was die Materie bestimmt, in einer ganz bestimmten Richtung und Form sich zu entwickeln. Wir wissen nur daß aus oft im Aeußern und Innern scheinbar sehr ähnlichen Samenkörnern sich ganz verschiedene Pflanzen entwickeln, wir sind überzeugt, daß die Ursache dieser abweichenden Gestaltung nur im Samenkorne selbst gesucht werden kann und daß hier Abweichungen in der Form der einzelnen Zellen, in der Verdickung der Zellenwand und in den quantitativen Verhältnissen der Bestandtheile des Zelleninhaltes auf die Gestaltung der ganzen Pflanze wesentlich einwirken müssen, Abweichungen, welche vielleicht so zarter Natur sind, daß wir kaum erwarten dürfen, dieselben jemals, sei es durch chemische Mittel oder mit Hülfe des Mikroskopes, nachweisen zu können.

Entwickelung der Wurzel.

Das Würzelchen des Embryo's dringt bei seiner weiteren Entwickelung als sogenannte Pfahlwurzel gewöhnlich fast senkrecht in den Erdboden ein, z. B. bei den Oelfrüchten, oder es stirbt, wie bei den Gräsern, sehr bald ab; namentlich in dem letzteren Falle, jedoch auch oft in dem ersteren, wachsen an den Seiten, vorzugsweise in geringer Tiefe unter der Erdoberfläche (an dem untersten Knoten der Gräser), die Seitenwurzeln büschelförmig nach allen Seiten aus, durchdringen das fruchtbare Erdreich und führen der wachsenden Pflanze die nöthige Nahrung zu. Die Pflanzen, welche nicht sehr kalireich sind und überhaupt nur wenig leicht auflösliche Mineralstoffe dem Boden entziehen, dagegen die aus dem verwesenden Humus freiwerdenden Stoffe, namentlich das Ammoniak und die Kohlensäure in größerer Menge in sich aufnehmen, breiten ihre zahlreichen Nebenwurzeln oder Kronwurzeln in den oberen humusreichen Schichten der Ackerkrume aus und dringen niemals tief in

den Untergrund ein; hierher gehört die ganze Gruppe der Gräser, also auch die Cerealien. Andere Pflanzen giebt es, welche zu ihrem Wachsthum sowohl stickstoffreicher Bodennahrung bedürfen, als auch eine bedeutende Menge alkalischer Salze in sich aufnehmen; diese treiben gewöhnlich eine bis in tiefere Schichten der Ackerkrume gehende Pfahlwurzel, welche oft an ihrem unteren Ende weniger Verzweigungen bildet, als in den oberen Schichten der Ackerkrume, von wo sie die organische Nahrung und die schwer löslichen Mineralsalze entnimmt, während die leicht löslichen Alkaliverbindungen sehr schnell bis in den Untergrund versinken; zu dieser Classe der Pflanzen gehören unter unseren ökonomischen Pflanzen besonders die rübenartigen oder die Wurzelgewächse, ferner auch die Oelfrüchte und von den Hülsenfrüchten zum Theil die Feld- oder Saubohne, während die weiße Gartenbohne nebst den übrigen cultivirten Hülsenfrüchten zu der dritten Classe von Pflanzen gerechnet werden muß, welche dadurch charakterisirt ist, daß deren Wurzeln überallhin das ganze Erdreich durchdringen und oft ellentief noch in den Untergrund hinabreichen, um nämlich die großen Mengen von Alkalien herbeizuschaffen, die zu ihrem üppigen Gedeihen unentbehrlich sind. Die Erbse, der Klee, die Luzerne, die Esparsette, mithin die Pflanzen, welche man im gewöhnlichen Leben mit dem besonderen Namen der Blattfrüchte zu bezeichnen pflegt, diese sind nicht oder doch nur in geringerem Grade (vorausgesetzt, daß sie nicht zur Samengewinnung, sondern nur als Grünfutter angebaut werden) an die Stickstoffnahrung und den Humus des Bodens gebunden, sie nehmen vermöge ihrer mächtigen Blattentwicklung die organische Nahrung aus der umgebenden Atmosphäre in sich auf und die Wurzeln haben hier nur die Bestimmung, mit der Bodenfeuchtigkeit die bedeutenden Quantitäten an Mineralsubstanz, welche zum Wachsthum der Pflanze erforderlich sind, aus der Ackerkrume und dem Untergrunde den oberen Theilen der Pflanze zuzuführen.

Etwas langsamer als die Wurzel, aber gleichzeitig mit derselben entwickelt sich der obere Theil der Pflanze. Je nachdem der Embryo des Samenkornes mit einem oder mit zwei Samenlappen versehen ist, unterscheidet man zwei große Abtheilungen im Pflanzenreiche, die Monokotyledonen und die Dicotyledonen. Zu den ersteren gehören die Gräser, zu den letzteren alle übrigen Culturpflanzen, jene keimen mit einem Blatte, diese mit zwei Blättern. Der Samenlappen der Cerealien bildet das erste Blatt und löst sich von dem Stengelgliede, dem mehrfach genannten Federchen des Embryo's ab, nimmt schon in der obersten

Entwicklung von Blatt und Stengel.

Schicht der Ackerkrume, wo das Tageslicht zuerst seine chemische und physiologische Wirkung zu äußern vermag, an der Spitze eine grüne Farbe an und tritt dann als völlig grünes Blatt aus der Erde hervor, während die Verlängerung des Federchens, das Stengelglied ebenfalls grün gefärbt sehr bald nachfolgt. Dieses erste Blatt der grasartigen Gewächse unterscheidet sich nicht von den übrigen nachher sich entwickelnden Blättern, es vertrocknet allerdings später und fällt oft ab, welches Schicksal jedoch nicht dieses Blatt allein trifft, sondern überhaupt bei den untersten Blättern der Gräser beobachtet wird. Dagegen ist bei allen dicotyledonischen Pflanzen das erste Blattpaar sehr hinfällig; die Samenlappen bilden hier nämlich sich gewöhnlich zu zwei grünen Blättern aus, welche bei der Verlängerung des Federchens an der Spitze desselben hervortreten, indem sie die äußere Samenhülle sprengen und abwerfen, wie es bei der weißen Bohne, dem Raps, dem Buchweizen und vielen anderen Pflanzen eine sehr bekannte Erscheinung ist. Stets haben diese aus den Samenlappen hervorgegangenen ersten Blätter eine andere Form als die später sich entwickelnden normalen Blätter und jene vermögen keineswegs die Funktionen der wirklichen Blätter auszuüben, weswegen sie auch sehr bald verwelken und abfallen; zuweilen gelangen die Samenlappen gar nicht einmal zur blattförmigen Entwickelung, sondern bleiben in ihrer Umhüllung unter der Erde zurück, ein Fall, der bei der gewöhnlichen Saubohne beobachtet wird. Zwischen den Samenlappen oder an der Seite derselben tritt nun die eigentliche junge Pflanze hervor mit ihrem Stengel und den charakteristisch geformten Blättern, welche sich sehr häufig paarweise in gewissen Zwischenräumen entwickeln, oft jedoch auch einzeln und abwechselnd an der einen oder anderen Seite am Stengel oder Halme hervortreten; in den Axeln der Blätter am Stengel bilden sich neue Knospen, welche gleich einem einseitig sich entwickelnden Embryo Stengel und Blätter treiben und nach und nach zu dem Entstehen einer vielfach verzweigten Pflanze die Veranlassung werden, während in ähnlicher Weise unter der Erde stets neue Seitenwurzeln entstehen, die vorzugsweise in ihre äußersten jüngsten Zellen fortwährend die ernährende Bodenflüssigkeit aufnehmen und diese unter vielfachen chemischen Veränderungen durch alle Theile der lebensthätigen Pflanze hin verbreiten.

Frühzeitige Aufnahme der einfachen Nahrungsstoffe.

Es ist unmöglich, einen Zeitpunkt festzustellen, wo die Pflanze aufhört die im Samenkorne selbst enthaltene und nach und nach in den assimilirbaren Zustand übergeführte Nahrung zu verarbeiten und anfängt

die einfachen Hauptnahrungsstoffe, Kohlensäure, Wasser und Ammoniak dem Boden und der Atmosphäre zu entziehen. Es ist wahrscheinlich, daß die Bestandtheile des Bodens schon sehr früh an der Stoffbildung und Umwandlung Theil nehmen, wenigstens bringen Mineralsubstanzen schon mit der ersten Feuchtigkeit in das keimende Samenkorn ein und die vorzugsweise schnelle Entwicklung des Würzelchens und zahlreicher Nebenwurzeln deutet auf ein schon früh erwachtes Streben hin, die aufnehmbaren Bestandtheile des Bodens sich anzueignen. Daß diese letzteren vorzugsweise mineralischer und feuerfester Natur sind, ist allerdings den Beobachtungen zufolge ausgemacht; dennoch aber scheinen auch andere Nahrungsstoffe, welche zur Erzeugung der organischen Substanz verwendet werden, namentlich das Ammoniak von der jungen Pflanze sehr bald aufgenommen zu werden. Während nämlich Kohlensäure und Wasser bei der Bildung der jungen Pflanze aus den Bestandtheilen des Samenkornes austreten und das Gewicht des letzteren, im Verhältniß zum Gewicht der jungen Pflanze oft bis weit über die Hälfte vermindert wird, bleibt der Gehalt an Stickstoff dessenungeachtet ziemlich constant zum Beweise, daß die stickstoffhaltigen Bestandtheile des Samenkornes entweder nicht wie die stickstofffreien zersetzt werden oder daß sie sehr bald auf's Neue sich erzeugen. Das erstere ist durchaus unwahrscheinlich, da gerade die stickstoffhaltigen organischen Substanzen sehr leicht eine Zersetzung erleiden und auch im Keimprozesse zuerst in eine chemische Thätigkeit gerathen und diese sodann auch den übrigen vorhandenen Stoffen mittheilen; es ist vielmehr mit ziemlicher Gewißheit anzunehmen, daß auch die stickstoffhaltigen Körper wenigstens großentheils in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak zersetzt werden, dagegen das letztere von der Feuchtigkeit der entstehenden Pflanze zurückgehalten, sofort vielleicht mit dem aus der Stärke gebildeten Dextrin und unter Mitwirkung von mineralischen Substanzen wiederum zur Bildung neuer Proteinverbindungen verarbeitet wird. Es ist allerdings durch Versuche bewiesen, daß die Pflanze bis zu einem gewissen Punkte sich entwickeln kann, ohne daß ihr von außen her andere Stoffe dargeboten würden, als Feuchtigkeit und atmosphärischer Sauerstoff; es folgt also, daß das Samenkorn keimen und die Pflanze bis zur Entwicklung der ersten Blätter gedeihen kann, allein unter Verarbeitung der im Samen angesammelten Nahrung. Dies beweist aber keineswegs, daß nicht schon sehr früh die pflanzenernährenden und das Wachsthum fördernden Bestandtheile des Bodens ebenfalls von der Pflanze aufgenommen und assimilirt werden; die Aufnahme

derselben ist sogar schon durch die organische Structur der jungen Wurzeln nothwendig und die Assimilation scheint durch die Erfahrung bestätigt zu sein, daß das Keimen des Samenkornes und besonders die Entwicklung der jungen Pflanze beschleunigt wird, wenn man dafür Sorge trägt, daß die jungen Wurzeln aus ihrer nächsten Umgebung gewisse auflösliche mineralische und stickstoffhaltige Stoffe aufnehmen können, wie die den Gärtnern schon seit sehr langer Zeit bekannte und von ihnen angewendete Behandlung schwer keimender Samenkörner mit einer Salpeterauflösung und überhaupt die nicht zu läugnende günstige Wirkung einer zweckmäßigen und geeigneten Samendüngung zur Genüge beweist.

Nichtaufnahme von Humus durch die junge Pflanze.

Man hat in neuerer Zeit ziemlich allgemein behauptet, daß die ganz junge Pflanze die Fähigkeit habe, mittelst ihrer Wurzeln humusartige oder doch humushaltige Substanzen aus dem Boden aufzunehmen, also den Humus direkt als Nahrung zu verwenden. Merkwürdiger Weise ist diese Ansicht gerade von Männern ausgegangen und vertheidigt worden, welche mit besonderem Fleiße und Eifer zahlreiche Beweise gegen die direkte Ernährungsfähigkeit des Humus gesammelt und mitgetheilt haben. Es soll also der Humus gleichsam den Uebergang vermitteln zwischen der im Samenkorn selbst enthaltenen organischen Pflanzennahrung und den einfachen Hauptnahrungsstoffen, der Kohlensäure, dem Wasser und dem Ammoniak. Die Behauptung der direkten Aufnahme von Humus durch die jugendliche Pflanze ist aufgestellt worden, ohne auch nur eine einzige Thatsache und direkte Beobachtung zum Beweise derselben anzuführen, welches freilich auch gewiß sehr schwierig, wohl gar unmöglich sein möchte. Nirgends hat man durch Versuche bewiesen, daß das Keimen und die Entwicklung der jungen Pflanze bei Gegenwart von auflöslichem Humus besser von Statten gehe, als bei Abwesenheit desselben; es ist nicht einmal der Versuch angestellt worden, ob die Pflanze besser gedeihe, wenn ihr von Außen her Dextrinlösung dargeboten wird, also eine Substanz, welche doch der Pflanze weit mehr zusagen müßte, als ein humusartiger Stoff, der unmöglich als solcher in die Pflanze übertreten kann, sondern nothwendig vor der Aufnahme, also außerhalb der Pflanze, eine Umänderung in einen dextrin- oder eiweißartigen Körper erleiden müßte, welche Umänderung jedoch nicht sich nachweisen läßt und auch an sich schon im höchsten Grade unwahrscheinlich ist. Wenn ferner eine direkte Aufnahme des Humus bei der jungen Pflanze zugegeben wird, so sieht man gar nicht

ein, weswegen dieselbe bei der älteren Pflanze geläugnet werden könnte; denn die Zusammensetzung des ganzen Organismus und die Art der Zellenbildung, also überhaupt des Wachsthums oder der Stoffvermehrung ist im Allgemeinen in allen Perioden der Vegetation dieselbe, die Strukturverhältnisse, welche in den ersten Wurzeln die Aufnahme von Nahrungsstoffen aus dem Boden bedingen, sind durchaus nicht verschieden von denjenigen der später entstandenen Saugwurzeln, die stets nur mit ihren Spitzen, mittelst der jüngsten und am meisten dünnwandigen Zellen, Feuchtigkeit und Nahrung aufnehmen. Wenn man der jungen Pflanze die Fähigkeit zuschreibt, Humus aufzunehmen und zu assimiliren, so muß man dieses Vermögen der Pflanze nothwendig zu allen Zeiten ihrer Existenz zugestehen; da aber die letztere Annahme, wie ich früher ausführlich nachgewiesen habe, durchaus nicht zulässig ist und auch nicht den geringsten Grad der Wahrscheinlichkeit beanspruchen kann, so ergiebt sich hiermit auch die Unrichtigkeit der ersteren Behauptung. Die höher organisirte Pflanze hat niemals, in keiner Periode ihrer Vegetation das Vermögen, den auflöslichen Humus aus dem Boden direkt aufzunehmen und in ihrem Organismus zu neuen Produkten zu verarbeiten.

Sobald die junge Pflanze über der Erde der Luft und dem Lichte eine größere Oberfläche darbietet, also nachdem die ersten wirklichen Blätter sich entwickelt haben, beginnt zuerst deutlich die eigentliche Verarbeitung der von außen her dargebotenen Nahrungsstoffe und damit die schnelle und merkliche Zunahme im Gewichte der vegetabilischen Substanz. Daß die Pflanze ohne Einwirkung des Lichtes nicht zur normalen Ausbildung gelangen kann, ist gewiß, aber daraus folgt keineswegs, daß in der Pflanze nicht auch eine Assimilation der einfachen Nahrungsstoffe, also eine Stoffbildung und Umwandlung stattfinde, selbst wenn das Licht auf kürzere oder längere Zeit der Pflanze entzogen wird. Es findet vielmehr auch unter der Erde, also bei Ausschluß des Lichtes, ein Wachsthum der Pflanze statt, es wird bei den perennirenden Gewächsen jährlich eine bedeutende Menge Holz unter der Rinde erzeugt, also an einem Orte, wohin das Tageslicht wenigstens nur im geringeren Grade zu bringen vermag; dennoch aber ist auch gewiß, daß die Gegenwart des Lichtes im hohen Grade die Assimilation fördert und daß gewisse Stoffe, z. B. das Chlorophyll, nur unter seinem Einflusse gebildet werden können. In den Wurzeln, im Stengel, im Stamm und in den Blättern wird Dextrin und aus demselben Stärke, Zellstoff u. s. w.,

Bedeutung des Lichtes für die Pflanze.

aus den letzteren wieder harz-, öl-, wachs- oder fettartige Pflanzenstoffe erzeugt, bei allen diesen Prozessen, bei der Assimilation der einfachen Nahrungsstoffe und bei der Umwandlung der schon assimilirten Substanzen in neue Produkte des Pflanzenreiches, wird Sauerstoff in bedeutender Menge frei und tritt im freien Zustande aus dem Organismus in die umgebende Atmosphäre hinaus. Die Entweichung des Sauerstoffes bemerkt man nur am Tage, zum Beweise, daß das Licht der Sonne bei jener Assimilation und besonders bei der Sauerstoffausscheidung thätig mitwirkt. Man nimmt noch immer sehr häufig an, daß die Zersetzung der Kohlensäure oder des Wassers nur in den Blättern erfolge und weil man die Ausscheidung fast ausschließlich in den grünen Pflanzentheilen beobachtet hat, so hat dieses zu dem irrthümlichen Glauben Veranlassung gegeben, als sei jene Freiwerdung des Sauerstoffes wesentlich an die Gegenwart von dem grünen Farbstoffe gebunden. Der letztere ist jedoch bei diesem Prozesse wenig oder gar nicht wirksam, im Gegentheil erleidet das Chlorophyll fortwährend eine Veränderung unter Aufnahme und Bindung von Sauerstoff; die Sauerstoffausscheidung ist offenbar bedingt durch die organische Structur der grünen saftigen Pflanzentheile und durch die chemischen Prozesse, welche im Innern der Zelle unter dem gleichzeitigen Einflusse der Strukturverhältnisse und des Sonnenlichtes eingeleitet und in Thätigkeit erhalten werden. Wenn man die organische Struktur der Blätter durch Zerreißen und Zerreiben mechanisch aufhebt oder zerstört, so hört auch die Zersetzung der Kohlensäure und des Wassers auf, trotzdem, daß Chlorophyll noch unverändert zugegen ist. Es hat ganz den Anschein, daß der Pflanze, schon in Folge ihrer eigenthümlichen Struktur, die Fähigkeit zur Assimilation und Verarbeitung der einfachen Nahrungsstoffe zukomme, und daß das Licht dieses Vermögen nur erhöhe und die Wirkung beschleunige. Schon in der Wurzel wird Dextrin gebildet und dadurch nothwendig Sauerstoff frei, die Menge des letzteren ist aber noch sehr gering und wird wahrscheinlich gleich nach seiner Freiwerdung von anderen organischen oder unorganischen Bestandtheilen der Wurzeln oder der untersten Theile der Pflanze wiederum absorbirt; auch wird von den Wurzeln mehr Kohlensäure aufgenommen, als in denselben zersetzt werden kann, und daher ein großer Theil derselben in die oberen Organe der Pflanze übergeführt, um hier weit schneller und vollständiger verarbeitet zu werden. In den grünen Theilen der Pflanze muß natürlich bei weitem die größte Menge des Sauerstoffes frei werden, weil diese Theile überhaupt als die saftigsten und bildsam-

Ausscheidung des Sauerstoffes.

sten bei weitem die größte Lebensthätigkeit besitzen, und in Folge ihrer Struktur dem Zutritt des den Assimilationsprozeß so sehr beschleunigenden Sonnenlichtes am meisten ausgesetzt sind. Hier findet auch am schnellsten die Zellenbildung und also das Wachsthum der ganzen Pflanze statt; keineswegs aber darf man die Ansicht hegen, als ob hier einzig und allein eine Zersetzung von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak erfolge und nur hier eine Freiwerdung des Sauerstoffes bewirkt werde. Die letztere findet, nur in einem geringeren Grade, in allen Theilen der Pflanze, in jeder einzelnen Zelle statt, der freigewordene Sauerstoff wird aber häufig wieder absorbirt oder in dem aufsteigenden Pflanzensafte aufgelöst oder gasförmig in den Intecellulargrängen sich ansammelnd, zu den oberen grünen Pflanzentheilen hingeleitet, um mit dem hier in größerer Quantität erzeugten Sauerstoffe gleichzeitig aus dem Organismus der Pflanze durch die Spaltöffnungen der Blätter in die umgebende Atmosphäre hinauszutreten.

Verhalten der Pflanze im Dunkeln.

Auch während der Nacht findet kein Stillstand in dem Wachsthum der Pflanze statt, auch beim Ausschluß des Lichtes werden die einfachen Nahrungsstoffe aufgenommen und assimilirt, nur ist der Assimilationsprozeß weit schwächer, als am Tage und die Wirkungen desselben werden zum Theil oder gänzlich aufgehoben durch andere rein chemische Zersetzungsprozesse. Ein großer Theil der von den Wurzeln aufgenommenen Kohlensäure entweicht unverändert wieder aus den oberen Theilen der Pflanze, und der Sauerstoff der umgebenden Atmosphäre tritt in das Innere des vegetabilischen Organismus ein, seinen chemischen Verwandtschaften zu den mannichfachen hier befindlichen organischen Stoffen folgend. Unter diesem Einfluß erleidet der Assimilationsprozeß verschiedene Modificationen, deren Eintreten und Vorhandensein aber gewiß für die Entwicklung der ganzen Pflanze ebenso nothwendig ist, als die Gegenwart des Sonnenlichtes am Tage; während der Nacht haben die chemischen Anziehungen und Verwandtschaften der Materien die Oberhand über den durch die organische Struktur und die Gegenwart des Tageslichtes vorzugsweise bedingten Reductionsprozeß, die aufgenommenen einfachen Nahrungsstoffe der Kohlensäure und des Wassers werden nur schwach zersetzt und assimilirt, es bilden sich im Gegentheil aus den schon assimilirten dextrin- oder proteinartigen Stoffen höhere Oxyde, bei deren Entstehung vielleicht Kohlensäure frei und so die Menge der letzteren, deren Entweichung man in der Nacht beobachtet, vermehrt wird.

Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln.

Das zum Wachsthum der Pflanze erforderliche Wasser wird, wohl mit Ausnahme einer nur geringen Quantität, durch die Wurzeln dem Boden entzogen und von hier aus in alle Theile der Pflanze übergeführt; bei weitem die größte Menge dieses Wassers verdampft an der äußeren Oberfläche der ganzen Pflanze, namentlich der Blätter als derjenigen Organe, welche der Luft eine besonders große Oberfläche darbieten. Diese Verdunstung des Wassers findet allerdings vorzugsweise am Tage statt, während der Nacht ist sie viel geringer, oft gleich Null und zuweilen sogar beobachtet man statt der Ausdunstung die Aufnahme einer obgleich nicht bedeutenden Menge von Wasser, welches Letztere in der Nacht nur bei starker Thaubildung geschehen kann und wenn nach langer Trockenheit der Pflanzensaft sehr verdickt ist und dieser daher mit großer Begierde selbst direkt aus der Luft Feuchtigkeit anzieht. Die Stärke der Verdunstung liefert im Allgemeinen einen Maaßstab für die Größe der Bildung von vegetabilischer Substanz und für die Schnelligkeit der Entwicklung derselben. Bei stärkerer Verdunstung wird meistens in gleicher Zeit mehr vegetabilische Substanz erzeugt als bei schwächerer Verdunstung des Wassers. Die Verdunstung selbst aber ist abhängig von der Größe der Oberfläche der Pflanze, von der Temperatur und dem Feuchtigkeitszustande der umgebenden Luft und des Erdbodens, und von dem Barometerstande oder dem Drucke, welchen das Gewicht der ganzen Atmosphäre auf die Oberfläche der Pflanze ausübt. Wenn es möglich wäre, daß eine Pflanze dem Einfluß einer warmen aber trocknen und dabei reinen Luft, und zugleich eines feuchten und warmen Bodens ausgesetzt werden könnte, so würde unter solchen Umständen, bei einer bestimmten Oberflächenausdehnung oder Blattentwicklung der Pflanze, die Verdunstung ihr relatives Maximum erreichen und zugleich die Vegetation selbst am rascheste vorwärts gehen.

Aufnahme des Ammoniaks.

Mit dem Wasser wird fast alles Ammoniak, welches die Pflanze zu verarbeiten im Stande ist, ebenfalls aus dem Boden aufgenommen; auf demselben Wege gelangt auch ein großer Theil des dritten Hauptnahrungsstoffes, der Kohlensäure nämlich, in die Pflanze, während ein anderer nicht weniger beträchtlicher Theil der Kohlensäure wohl ohne Zweifel direkt aus der umgebenden Luft durch die Spaltöffnungen der Blätter in den Organismus der Pflanze eintritt, zunächst in den Intercellulargängen überallhin sich vertheilt und sodann die Zellenwände durchdringend mit dem Inhalte der Zellen in Berührung und in Wechselwirkung tritt. Direkte Versuche wenigstens haben eine solche Auf-

Der Kohlensäure.

nahme der Kohlensäure aus der atmosphärischen Luft nachgewiesen, mehrfache Beobachtungen und Berechnungen bestätigen dieselbe. Auch das Ammoniak kann vielleicht unter besonders günstigen Verhältnissen auf dieselbe Weise ins Innere der Pflanze gelangen, jedoch dann immer nur in einer höchst geringen Menge, theils weil es an sich in der Luft niemals in größerer Quantität vorhanden ist, theils auch weil es wegen seiner Leichtauflöslichkeit in Wasser sofort nach seinem Eintritte in die Pflanze schon vollständig von dem feuchten Inhalte der obersten und äußersten Zellenschichten absorbirt werden würde, dann aber nicht in der ganzen Pflanze sich verbreiten könnte, weil es keinen niedersteigenden Strom des Pflanzensaftes giebt, sondern jedenfalls mit der Feuchtigkeit aus den obersten Zellen zum größten Theile wiederum verdunsten müßte.

Wir sind nicht im Stande, mit Bestimmtheit nachzuweisen, welche vegetabilischen Stoffe zuerst und direkt aus den einfachen Nahrungsmitteln gebildet werden und welche Substanzen und Prozesse hierbei gleichzeitig thätig sind. Wir halten es für wahrscheinlich, daß das Dextrin die Substanz sei, welche zuerst sich erzeuge und aus welchem die übrigen Stoffe durch Reduction oder Oxydation, unter mancherlei Umsetzung der Bestandtheile und unter Mitwirkung von mineralischen Substanzen, nach und nach entstehen. Wir vermuthen solches, weil das Dextrin in der ganzen Pflanze überall in dem bildungsfähigen Safte, in allen lebensthätigen Zellen verbreitet ist, selbst in den jüngsten Gebilden und hier gerade ganz besonders auftritt, und weil wir in der That die Umwandlung des Dextrins in viele ihm in der Zusammensetzung sehr ähnliche Substanzen, in Zucker, Stärke, Zellstoff und selbst in fett- und harzartige Körper auf künstlichem oder natürlichem Wege, entweder selbst veranlassen oder doch in ihren verschiedenen Stufen und Uebergängen verfolgen können. Direkte Beweise jedoch für die unmittelbare Erzeugung des Dextrins aus Kohlensäure und Wasser sind wir nicht im Stande anzuführen, und noch weniger ist es uns gelungen die Art und Weise dieser Bildung selbst zu beobachten. Ohne Zweifel treten hierbei eine Menge von Stoffen und verschiedenen Prozessen gleichzeitig als wirksam auf. Gewiß ist es, daß Dextrin nie bei völliger Abwesenheit von stickstoffhaltigen, proteinartigen Substanzen und von verschiedenen Mineralverbindungen gebildet wird; in jeder Zelle, wo Dextrin, Stärke oder Cellulose sich erzeugt, sind stets auch Proteinkörper und feuerfeste Mineralstoffe, wenigstens Alkalien und Phosphorsäure zu-

Bildung und Umwandlung organischer Stoffe.

Einfluß der Mineralstoffe.

gegen. Dieses ist schon bei der einfachsten Pflanze, den Hefenzellen, der Fall, es bestätigt sich bei der Untersuchung des Zelleninhaltes einer jeden höheren Pflanze und eines jeden Theiles derselben. Unsere Erfahrungen und Beobachtungen stimmen im Ganzen recht gut mit der Annahme überein, daß die Phosphorsäure vorzugsweise bei der Entstehung von Proteinverbindungen wirksam sei, dagegen die alkalischen Salze die Bildung von stickstofffreien Substanzen, namentlich von Dextrin und Zellstoff anregen oder beschleunigen können. Wir wissen nämlich, daß die Phosphorsäure allenthalben da in größter Menge auftritt, wo eine Anhäufung von Proteinverbindungen stattfindet, so vorzugsweise in den Samenkörnern: dieses beweist offenbar, daß jene organischen Substanzen in irgend einer innigen chemischen Verbindung mit der Phosphorsäure oder dem in ihr enthaltenen Phosphor vorhanden sind und daß der letztere Körper hier als wesentlich anzusehen ist, welches auf direkte Weise noch dadurch bestätigt wird, daß in einem Boden, der nicht schon reich ist an Phosphorverbindungen, diese im hohen Grade zur Erhöhung der Fruchtbarkeit und besonders zu einer vollkommneren Samenbildung und also zu der Erzeugung stickstoffhaltiger organischer Substanzen beitragen. Die Alkalien dagegen, ganz besonders in ihrer Verbindung mit Kohlensäure, vermehren zahlreichen Beobachtungen zufolge unter sonst günstigen Verhältnissen die Blatt- und Stengelbildung der Gewächse auf eine oft erstaunliche Weise, eine Erscheinung, die ganz besonders bei den Pflanzen beobachtet wird, welche ihre Nahrung zum großen Theile der Atmosphäre entziehen, und dabei besonders reich an Kali sind, wie z. B. bei dem Klee. Ebenfalls, jedoch im geringeren Grade bemerkt man diese Vermehrung der Dextrin- und Holzfaserbildung bei den Gräsern, also den Cerealien, bei Pflanzen, welche vermöge ihrer verhältnißmäßig geringen Blattentwicklung und der eigenthümlichen Struktur ihrer Blätter die zum Wachsthum nöthigen Stoffe vorzugsweise dem Erdboden entziehen und daher gegen die Zuführung von humusartigen und namentlich stickstoffhaltigen Substanzen sich besonders dankbar beweisen. Die letzteren jedoch bewirken hier keineswegs eine mit ihrem Stickstoffgehalte im Verhältniß stehende Vergrößerung der Proteinkörper, oder vorzugsweise der Samenbildung, sondern im Gegentheil bildet sich unter ihrem Einflusse gerade eine besonders große Menge von Dextrin und Zellstoff, also von stickstofffreier Substanz, welches anzudeuten scheint, daß die ersteren wiederum die Bildung der letzteren im erhöhten Maaße anzuregen und zu beschleunigen im Stande sind.

Wirkung der stickstoffhaltigen Substanzen.

Vertheilung der Mineralstoffe.

Die Vertheilung der Mineralstoffe in den verschiedenen Theilen der Pflanze, sowie in den verschiedenen Perioden der Entwicklung derselben, giebt uns Anhaltepunkte für die Beurtheilung der Bedeutung, die man den einzelnen Verbindungen für die Unterstützung der ganzen Vegetation zuzuschreiben hat, und zur Unterscheidung der wesentlichen und zum Wachsthum unentbehrlichen Mineralsubstanzen von denjenigen, deren Gegenwart in der Pflanze gänzlich oder zum Theil zufällig ist. Aus allen in neuerer Zeit mit Sorgfalt ausgeführten Aschenanalysen ergiebt sich mit großer Klarheit, daß bei den gewöhnlichen Pflanzen des Binnenlandes und namentlich bei allen Culturpflanzen das Natron eine höchst unbedeutende Rolle spielt; es ist zwar fast allenthalben vorhanden, aber nur in sehr geringer Menge und innerhalb sehr enger Gränzen schwankend, so daß von einer Vertretung des Kalis durch dasselbe in nur einiger Ausdehnung durchaus nicht die Rede sein kann. Ganz ähnlich verhält sich die Magnesia; auch diese Substanz tritt nur in sehr unbeträchtlicher Quantität in die Zusammensetzung der Asche ein und selbst wenn der Pflanze dieser Stoff in sehr reichlichem Maaße und unter den zur Aufnahme günstigsten Verhältnissen dargeboten wird, so geht dennoch nur äußerst wenig in den vegetabilischen Organismus ein, zum Beweise, daß die sich erzeugenden organischen Stoffe zu der Magnesia eine nur geringe Anziehung besitzen. Nur in einigen Pflanzen bemerkt man eine etwas größere Quantität von Magnesia und selbst hier ist dieselbe unter verschiedenen äußeren Verhältnissen nur geringen Schwankungen unterworfen, so daß auch zwischen Kalk und Magnesia überall keine nur einigermaßen beträchtliche Vertretung nachgewiesen werden kann; daß aber die Magnesia zu den wesentlichen Aschenbestandtheilen der Pflanze gerechnet werden muß, darüber läßt die in derselben Pflanze unter abweichenden Verhältnissen ziemlich constante Menge derselben, besonders aber deren Ansammlung zu einer größeren Quantität in allen Samen und Früchten keinen Zweifel zu. In den letzteren Pflanzentheilen findet auch wirklich, wenn auch nur innerhalb sehr enger Gränzen, eine Vertretung zwischen der Magnesia und der Kalkerde statt, wie das einfache Verhältniß im Sauerstoffgehalte der Alkalien und der alkalischen Erden, welches wohl nicht zufällig ist, beweist. In anderen Pflanzentheilen, außer in den Früchten und Samenkörnern, ist aber eine gegenseitige Vertretung der basischen Mineralstoffe schon aus dem Grunde gar nicht nachzuweisen, weil hier unter dem Einfluß gewisser Witterungs- und Bodenverhältnisse oft einzelne Mineralverbindungen in sehr abweichender

Quantität auftreten, ohne daß die absolute Menge der übrigen Bestandtheile gleichzeitig zu- oder abnimmt; diese Thatsache, durch welche die oft so räthselhaften großen Verschiedenheiten in den Resultaten der Aschenanalyse einer und derselben Pflanzensubstanz zum großen Theile erklärt werden, haben wir vorzugsweise in Bezug auf das Kali und das Chlor, doch auch bei der Kalkerde, Magnesia und der Schwefelsäure durch direkte Versuche und Analysen bestätigt gefunden.

Wesentliche und zufällige Mineralstoffe.

Es ist bei der Betrachtung der Aschenbestandtheile der Pflanze gewiß überall der Unterschied zwischen wesentlichen und zufälligen Stoffen festzuhalten. Die zufällig vorhandenen Mineralkörper können bei verschiedenen Pflanzen auch verschieden sein, außerdem sind sie entweder ganz oder nur zum Theil unwesentlich für das Gedeihen der Pflanze; über diese Stoffe erhalten wir einige Aufklärung bei der Vergleichung genauer Analysen der Asche einer und derselben Pflanzensubstanz, indem wir diejenigen Substanzen, welche in ihren Mengenverhältnissen sehr großen Schwankungen unterworfen sind, und zuweilen sogar bis auf die letzte Spur verschwinden, nothwendig zu den mehr entbehrlichen und im Organismus selbst nicht thätigen Mineralstoffen rechnen müssen. Besonders aber liefert uns in dieser Hinsicht die Zusammensetzung der Samenasche einen sehr guten Anhaltepunkt, indem wir hier bei weitem die geringsten Abweichungen von einer bestimmten normalen Zusammensetzung antreffen und unseren Erfahrungen zufolge annehmen können, daß in das sich bildende Samenkorn nur solche Mineralstoffe eintreten, welche wirklich für die Entwicklung desselben unentbehrlich sind oder schon in chemischer Verbindung mit den hier sich ansammelnden organischen Substanzen in das reifende Samenkorn eintreten. Da aber die im Samenkorne vorhandenen Producte des Pflanzenreiches ganz und durchaus ähnlicher Art sind, als die in der übrigen Pflanze auftretenden Stoffe, nämlich proteinartige oder stickstoffhaltige und die gewöhnlichen stickstofffreien Körper, wie Stärke, Zellstoff, Zucker u. s. w., so können wir mit großer Sicherheit den gewiß richtigen Schluß ziehen, daß die Mineralsubstanzen, welche wir stets in relativ unveränderten Mengenverhältnissen in den Samenkörnern in Verbindung oder Begleitung von gewissen allgemeinen Producten der Pflanzenwelt antreffen, ebenfalls in den übrigen Organen der Pflanze bei der Erzeugung derselben oder doch sehr ähnlicher vegetabilischer Substanzen eine sehr wichtige und thätige Rolle spielen. Als Bestandtheile der Samenasche finden wir aber überall dieselben Stoffe, vorherrschend Phosphorsäure und Kali,

in geringerer Quantität Kalkerde, Magnesia und die Schwefelsäure, während das Chlor hier fast durchgängig nur in geringen Spuren, oft nicht einmal in diesen vorkommt. Wenn aber auch Kali und Phosphorsäure als durchaus unentbehrliche Bestandtheile der Pflanzenasche angesehen werden müssen, so ist jedoch der Gehalt selbst an diesen Substanzen in den übrigen Pflanzentheilen keineswegs so constant, wie es allerdings im Allgemeinen in den Samenkörnern der Fall ist. Nicht selten wird nämlich an Kali und selbst auch an Phosphorsäure mehr aus dem Boden in die Pflanze übergeführt, als selbst für die üppigste Entwicklung derselben verwendet werden kann; oft aber tritt auch der entgegengesetzte Fall ein, so daß eine geringere Menge an diesen Mineralstoffen aufgenommen wird, wodurch dann offenbar eine Störung in der ganzen Vegetation und eine verminderte Entwicklung der organischen Substanz veranlaßt wird. Der erstere Fall scheint der häufigere zu sein, denn wenn der letztere eintritt, und also dadurch die Bildung der organischen Substanz selbst vermindert wird, so werden auch die übrigen Mineralstoffe mit geringerer Energie angezogen und aufgenommen, auch wenn dieselben in reichlicher Menge im Boden vorhanden sind. Der Ueberschuß, welcher oft an Mineralsubstanz aufgenommen und gleichsam im Organismus nicht verwendet und verarbeitet werden kann, bleibt wahrscheinlich unverändert im Stengel oder Stamme der Pflanze zurück und wird nach und nach von hier zu denjenigen Organen hingeführt, welche nach einiger Zeit ganz oder doch zum großen Theil aus aller lebensthätigen Verbindung mit den übrigen Theilen der Pflanze heraustreten; hierher gehört bekanntlich die Oberhaut oder Epidermis der ganzen Pflanze, die Rinde und besonders die Blätter. Eine Untersuchung der Rinde und der Blätter lehrt uns die für die Entwicklung der Pflanze entbehrlichen oder doch nach und nach entbehrlich gewordenen Mineralsubstanzen erkennen und in diesen Theilen finden wir daher je nach dem Standorte der Pflanze, nach den klimatischen und Witterungsverhältnissen, wie nach den verschiedenen Vegetationsperioden oder Jahreszeiten so außerordentliche Abweichungen in der Zusammensetzung ihrer Asche. In der Epidermis und in der Rinde sehen wir sehr beträchtliche Mengen von Kalkerde sich ablagern und dadurch völlig aus aller Wechselwirkung mit dem Organismus der Pflanze heraustreten; in einigen Gewächsen, wie besonders in den Gräsern sammelt sich in den Zellen der Oberhaut anstatt der kohlensauren Kalkerde die freie Kieselsäure in fester Form an, und dient hier zur Stütze des Halmes. In den Blättern

namentlich sehen wir den Ueberschuß an phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk, ferner die Kieselsäure in immer größerer Quantität sich ausscheiden und außerdem besonders auch die alkalischen Verbindungen des Chlors und der Schwefelsäure sich ansammeln, welche je nach dem Standorte der Pflanze in sehr verschiedenen Mengenverhältnissen mit der Bodenfeuchtigkeit in die Pflanze übergehen und hier als gänzlich oder doch größtentheils nicht verwendbare Stoffe unverändert mit dem aufsteigenden Safte mechanisch nach den Blättern hin geleitet werden, um mit denselben nach deren Absterben wiederum in den Boden zurückzukehren. Wir haben in einem früheren Capitel über die Beschaffenheit, Vertheilung und Bedeutung der Mineralsubstanzen uns mit besonderer Ausführlichkeit ausgesprochen; die in neuester Zeit mitgetheilten zahlreichen und zuverlässigen Aschenanalysen haben uns gestattet eine Menge von wichtigen Gesichtspunkten aufzustellen, von welchen aus die Wirksamkeit der Mineralstoffe bei der Entwicklung des vegetabilischen Organismus wenigstens mit einigermaßen sicherer Aussicht auf guten Erfolg weiter erforscht werden kann; es steht zu erwarten, daß durch die Bestrebungen der Chemiker auf diesem reichen Gebiete der Wissenschaft schon in der nächsten Zukunft unsere Kenntnisse bedeutend werden erweitert werden.

Die Blüthen und Fortpflanzungsorgane.

Wenn die Pflanze in Blatt und Stengel eine gewisse Ausbildung, oft auch ihre fast vollständige normale Größe erlangt hat, und nach und nach in ihrem Innern mancherlei eigenthümliche Stoffe erzeugt worden sind, dann kommen neue Organe zum Vorschein, welche die Bestimmung haben, für die Erhaltung der Species Sorge zu tragen, und die Keime zu entwickeln für zahlreiche künftige Individuen derselben Art.

Der phanerogamen Gewächse.

Es bilden sich gewöhnlich an den äußersten und saftigsten Enden der Pflanze, zuweilen auch in den Blattarcln an der Seite des Stengels die Blüthen aus, mit ihren wesentlichen und unwesentlichen Theilen oder mit den Befruchtungswerkzeugen und den diese umgebenden Hüllen. Die Blüthenhüllen, namentlich die Blumenblätter, welche mit ihrer bunten Farbenpracht, ihren oft wunderbaren Gestalten, und ihrem aromatischen Dufte unsere Sinne ergötzen, dienen nur zum Schutze der eigentlichen Fortpflanzungsorgane und nehmen in keiner Weise an dem Prozesse der Fortpflanzung selbst Antheil; nicht selten fehlen sie gänzlich, oder sind nur in verkümmerter Gestalt vorhanden. Wir unterscheiden bei den höher organisirten, sogenannten phanerogamen Pflanzen zweierlei wesentlich verschiedene Befruchtungswerkzeuge: nämlich die Staub-

beutel oder die Antheren, welche im Innern gewöhnlich mehrere mit dem Samenstaub oder dem Pollen angefüllte Fächer zeigen, und sodann den Fruchtknoten, im Innern mit den Samenknospen oder Eierchen und an seinem oberen äußeren Theile mit der Narbe versehen. Die oft fadenförmigen Träger des Staubbeutels (Staubfaden) oder der Narbe (Staubweg) sind unwesentliche Theile, denn sie fehlen zuweilen vollständig. Jede Samenknospe, welche im Fruchtknoten vorhanden ist, enthält im Innern eine Höhle oder besonders große Zelle, welche man den Keimsack oder den Embryosack nennt. Gewöhnlich in der Mitte der Narbe oder, wenn deren mehrere vorhanden sind, zwischen denselben findet man eine Oeffnung, welche mittelst einer Röhre ins Innere des Fruchtknotens hineinführt; bei den Gräsern z. B. ist diese Oeffnung nur einfach, bei anderen Pflanzen sind aber statt der einen oft mehrere, sogar 20 bis 30 Löcher vorhanden, welche an der äußeren Seite entweder als runde Oeffnungen oder als längliche Spalten sich darstellen. Der Samenstaub oder Pollen besteht aus unzähligen kleinen mehr oder weniger der Kugelform sich nähernden Körperchen, von denen jedes eine in sich geschlossene Zelle bildet, die im Innern mit einer körnig-schleimigen, aus Protein, Dextrin und Zucker bestehenden Masse angefüllt, und nach Außen hin gegen störende Einflüsse mit einer festen oft mannichfach gestalteten Hülle geschützt ist. In diesem Samenstaube liegt der Anfang, der Keim eines neuen Individuums verborgen. Der Staubbeutel öffnet bald nach der Entwicklung der Blüthe seine Fächer und schüttet seinen Inhalt, den Samenstaub, aus; unzählige von diesen Pollenkügelchen fallen auf unfruchtbaren Boden und gehen zu Grunde wegen Mangel an ihnen zusagender Nahrung. Einige jedoch bleiben an der Narbe des Fruchtknotens mittelst der sich absondernden klebrigen Feuchtigkeit hängen, und gelangen, ernährt wahrscheinlich durch diese klebrige Masse, zu einer weiteren Entwicklung. Der Inhalt des Pollenkügelchens besitzt in Folge seiner chemischen Beschaffenheit ein großes, hygroskopisches oder endosmotisches Vermögen. Die Pollenzelle schwillt daher, wenn sie mit Feuchtigkeit sich sättigt, sehr stark auf, und fängt an nach einer bestimmten Richtung sich auszudehnen, zu wachsen, nämlich in der Weise, daß sie an einer Stelle, wo die schützende Hülle eine kleine Oeffnung zeigt, und die unmittelbar unter der Hülle befindliche zarte Zellenwand völlig frei läßt, schlauchartig sich verlängert und mit dieser Verlängerung, ohne jedoch neue Zellen zu bilden, durch die Oeffnung der Narbe und des Fruchtknotens bis in die innere Höhle des letzteren

Entwicklung und Ernährung der Pollenzelle.

hineinwächst, hier immer weiter zwischen der inneren Wand des Fruchtknotens und der an diese sich anlegenden Samenknospe vorwärts dringt, und schließlich an dem unteren Ende der Samenknospe oder des Eichens sich Bahn brechend bis in die hier befindliche große Zelle oder das Keimsäckchen gelangt. Nun erst beginnt unter der Wechselwirkung des Inhaltes des Keimsäckchens und dem Ende der Pollenzelle die Bildung neuer Zellen, und damit die Entwicklung des Samenkornes selbst. Der schlauchartige Theil der Pollenzelle stirbt allmählig ab, und das ursprüngliche Keimsäckchen wird nach und nach ausgefüllt von dem wirklichen Keime oder Embryo einer neuen Pflanze, mit seinem Würzelchen, Federchen und Samenlappen, die entweder den ganzen inneren Raum der Samenknospe nach der Absorption und Verarbeitung der früher hier vorhandenen Substanzen anfüllen, oder außerdem noch von einem sogenannten Eiweißkörper umgeben sind, einer Gruppe von Zellen, deren Inhalt wiederum größtentheils von Stärke, Zucker und Proteinkörpern gebildet wird. Jedes Samenkorn wird von einer Hülle umschlossen, welche von der äußeren Wand der Keimknospe übrig geblieben ist, und außerdem ist gewöhnlich der Fruchtknoten selbst zu einer Samenhülle geworden, indem derselbe entweder zu einer häutigen, faserigen oder steinartigen Masse zusammengetrocknet oder umgewandelt erscheint, oder auch gleichzeitig mit dem Samenkorn durch Zuführung von reichlichem Nahrungssafte zu einer oft dicken fleischigen und sehr saftreichen Masse ausgewachsen ist, wie man es bei allen beeren- und obstartigen Früchten wahrnimmt.

Fortpflanzung der kryptogamen Gewächse.

Die Art der Fortpflanzung bei den kryptogamen oder niederen Pflanzenfamilien verdient ebenfalls noch in der Kürze erwähnt zu werden. Hier nämlich ist kein Fruchtknoten, keine Narbe u. dergl. vorhanden, sondern es bilden sich an den Blättern oder an anderen Stellen von Hüllen umgeben, sogenannte Sporen oder Keimkörner aus, welche schon in sich die Fähigkeit der Fortpflanzung besitzen, und nicht wie die Pollenzellen noch eine längere Ernährung durch den schon fertig gebildeten Pflanzensaft selbst erfordern. Diese Keimkörner lösen sich nach der Oeffnung der sie einschließenden Hüllen in unzähliger Menge von den betreffenden Pflanzen ab, und fallen entweder unmittelbar auf denselben Boden, in welchem die Mutterpflanze vegetirte, oder werden wegen ihrer Leichtigkeit gleich einer staubähnlichen Masse von jedem Lüftchen fortgeführt, bis einzelne von ihnen einen zu ihrer Entwicklung günstigen Boden finden. Hier nun wird jede Keimzelle die Ursache der Ent-

stehung einer neuen Pflanze, in der Art, daß in ähnlicher Weise, wie bei der Vermehrung der Hefenpilze, die erste Zelle in zwei oder mehrere neue Zellen sich theilt, welche nach ihrer Entwicklung wiederum ebenso zur Vermehrung der Zellen und also zur Vergrößerung der Pflanze beitragen; dies beobachtet man bei den Algen, Pilzen, Flechten und einem Theile der Moose. Bei den übrigen Moosen dagegen, wie bei den Farrenkräutern, Schachtelhalmen und den Lycopodiumarten, also bei den höheren Kryptogamen, ist das Verhalten und die Fortbildung der Keimzelle ganz ähnlich wie bei den Pollenzellen der phanerogamen Pflanzen; wie hier nämlich wächst die Keimzelle schlauchförmig aus, und nur das eine Ende bildet neue Zellen, welche nach und nach zur jungen Pflanze heranwachsen, während der übrige Theil der ursprünglichen Keimzelle und des Schlauches selbst abstirbt.

Während nun, wie man sieht, die Entstehung des Samens oder des Keimes zu einer neuen Pflanze in physiologischer Hinsicht ziemlich genau erforscht ist, sind wir über die hierbei auftretenden chemischen Prozesse, über die Art der Umwandlung von schon vorhandenen Stoffen in neue und eigenthümliche Gebilde noch sehr im Unklaren. Man bemerkt zunächst in den Blüthen eine auffallende und gerade der an den übrigen Pflanzenorganen beobachteten entgegengesetzte Wechselwirkung zwischen der organisirten Masse und der umgebenden Atmosphäre; während nämlich aus den gewöhnlichen grünen Blättern unter dem Einfluß des Tageslichtes fortwährend Sauerstoff in die Atmosphäre hinausströmt, wird von den Blüthen im Gegentheil Sauerstoff in nicht unbedeutender Menge absorbirt und dafür zum Theil wenigstens Kohlensäuregas ausgestoßen. Diese Erscheinung steht offenbar theils mit dem Auftreten gewisser organischer Stoffe in den Blüthen im Zusammenhange, Stoffe, welche, wie z. B. die ätherischen Oele, eine große Anziehung gegen den freien Sauerstoff äußern, besonders aber möchte hier die außerordentlich üppige und reichliche Ernährung der Blüthentheile während der kurzen Zeit ihrer Thätigkeit die Absorption von Sauerstoff bewirken und die Zerstörung eines Theiles der so reichlich zugeführten organischen dextrin- oder proteinartigen Substanz veranlassen, wodurch das Kohlensäuregas erzeugt und entwickelt wird. Wir sehen also in der Blüthe, bei der Ernährung der kleinen Pollenzelle und deren schlauchartigen Ausdehnung ganz ähnliche Erscheinungen auftreten, wie sie während des Keimprozesses im sich zur Pflanze entwickelnden Samenkorne beobachtet worden sind, hier wie dort wird Sauerstoff absorbirt und dafür Kohlensäure ausgestoßen, in

Verhalten der Blüthen gegen die umgebende Luft.

beiden Fällen ist die Ursache dieser Erscheinung dieselbe, sie beruht auf dem vorhandenen Ueberschuß an ernährender Substanz. Ueberall finden wir, daß die Natur mit unendlicher Sorgfalt für die Erhaltung der Pflanze in deren verschiedenen Arten thätig ist. Die Blüthentheile sind gerade die saftreichsten Organe, nach welchen fortwährend die auflösliche und bildungsfähige organische Substanz hinströmt, obgleich zur Ernährung der kleinen Pollenzelle so außerordentlich wenig Stoff erforderlich wird; da nun diese reichliche Pflanzennahrung während der Blüthe, also im Beginne der Entwicklung der Pollenzelle nicht verarbeitet werden kann, so muß sie nothwendig durch den Fruchtknoten in die Narbe fließen und an deren Oberfläche unter dem Einflusse des atmosphärischen Sauerstoffes eine schleunige Zersetzung erleiden, ganz in derselben Weise, wie überhaupt ein Gemenge von auflöslichen stickstoffhaltigen und stickstofffreien organischen Substanzen unter ähnlichen der Luft ausgesetzten Verhältnissen ebenfalls sehr schnell in Fäulniß und Verwesung übergehen würde. Die Absorption des Sauerstoffes ist aus jetzt leicht begreiflichen Ursachen bei weitem am stärksten in den eigentlichen Fortpflanzungsorganen, weit geringer dagegen in den Blüthenhüllen oder Blumenblättern, denn diese werden meistens in einem weit geringeren Maaße ernährt, als jene. Sobald aber die Staubfäden und die Narbe ihre Funktionen verrichtet haben, so fallen die Blumenblätter ab, und die Samenknospen bilden sich jetzt selbstständig im Innern des Fruchtknotens aus; nun hat auch die Sauerstoffabsorption wiederum vollständig aufgehört, es wird im Gegentheil dieses Gas, gleich wie aus den übrigen grünen, saftigen und in der Bildung begriffenen Pflanzentheilen, auch aus der sich entwickelnden Frucht frei, und zwar so lange, bis diese ihre normale Größe erreicht hat, und nun also keine eigentliche Stoffvermehrung weiter stattfindet, sondern nur eine theilweise Umwandlung der schon gebildeten und assimilirten Substanzen. Diese Erscheinungen sind am besten zu beobachten und zu verfolgen bei den saftigen Früchten des Obstes; hier bemerkt man, so lange die Frucht noch an Ausdehnung nnd Umfang zunimmt, also überhaupt noch direct oder indirect durch die einfachen Pflanzennahrungsstoffe ernährt wird, eine unter dem Einfluß des Tageslichtes fortdauernde Entwicklung von Sauerstoffgas, welche erst dann aufhört und in eine Aushauchung von Kohlensäuregas sich verwandelt, wenn die Frucht sich dem Zustande der völligen Reife nähert. Die grüne Farbe der meisten Früchte im unreifen Zustande ist bei diesen Erscheinungen gewiß ohne wesentliche directe Bedeutung, die Sauerstoffaus-

Reichliche Ernährung der Fortpflanzungsorgane.

Verhalten der unreifen Frucht.

Der reifenden Frucht.

scheidung findet ihre einfache Erklärung in dem überall in der Pflanze, unter dem Einflusse des Tageslichtes und daher vorzugsweise in den grünen, saftigen und durchscheinenden Theilen stattfindenden Assimilationsprozesse. So wie dieser in der reifenden Frucht aufhört, oder doch sehr geschwächt wird, muß nothwendig die zersetzende chemische Kraft des atmosphärischen Sauerstoffes ihre Thätigkeit äußern, da der Assimilationsprozeß derselben nicht mehr hindernd entgegentritt, und es findet eine Umwandlung der vorhandenen Stoffe statt, unter theilweiser Zerstörung derselben und unter Entwicklung des neu gebildeten Kohlensäuregases.

Umwandlung der Stoffe in derselben.

Man hat das Verschwinden des sauren und herben Geschmackes der unreifen Früchte und das Hervortreten des süßen Geschmackes bei der Reife derselben durch eine directe Umwandlung der zuerst erzeugten Pflanzensäuren, wie der Aepfelsäure, Weinsäure, Citronensäure ꝛc. erklären wollen, eine Umwandlung, welche auf ähnliche Weise eintreten sollte, wie man auf künstlichem Wege, außerhalb des Organismus unter dem Einfluß von oxydirenden Substanzen nicht selten gewisse Substanzen in Kohlensäure und in ein an Sauerstoff ärmeres Produkt zerfallen sieht. Indessen stimmt diese Ansicht keineswegs mit den Ergebnissen der Analyse von unreifen und reifen Früchten überein, nach welcher nämlich der Säuregehalt mit der Reife der Frucht in den meisten Fällen weder relativ noch absolut an Menge abnimmt. Es kann daher jener Uebergang von Säure in Zucker nur ein scheinbarer sein, und das Verschwinden des sauren und Hervortreten des süßen Geschmackes muß eine andere Ursache haben, als die so eben erwähnte. Es läßt sich diese Erscheinung auf einfache Weise folgendermaßen erklären. Bei der Entwicklung der Frucht bilden sich zuerst dünnwandige gewöhnliche Zellen, an deren innere Fläche bei weiterer Ernährung sehr bald Schichten von einer gleichsam inkrustirenden Substanz sich anlegen, welche jedoch von derjenigen der Holzzellen sich wesentlich durch ihr chemisches Verhalten unterscheidet, und den Namen der Pektose erhalten hat; diese Substanz giebt den Zellen der unreifen Früchte ihre harte, undurchsichtige und zähe Beschaffenheit. Die Pektose nun erleidet bei der herannahenden Reife unter dem Einflusse der stets vorhandenen organischen Säuren eine Umänderung in sogenanntes Pektin oder in Pflanzengallerte, welche Umwandlung unabhängig von der organischen Struktur der Früchte ist, da sie bei Gegenwart derselben Stoffe, namentlich in etwas höherer Temperatur, auch außerhalb des Organismus bewirkt

16

werden kann. Mit der Entstehung dieser Pflanzengallerte nehmen die Zellen eine weiche durchscheinende Beschaffenheit an, welche wir bei allen saftigen, namentlich den beerenartigen Früchten beobachten; diese gallertartigen Stoffe, indem sie nun neben den übrigen Stoffen den Inhalt der Zellen bilden, bewirken schon durch ihre Gegenwart ein Zurücktreten des sauren Geschmackes, welches noch mehr befördert werden mag durch ein gleichzeitiges Freiwerden der basischen Mineralstoffe, die vorher von der festen Substanz der Pektose zurückgehalten wurden, und jetzt zur Sättigung der vorhandenen Säure verwendet werden können. Ganz besonders aber wird der saure Geschmack verdrängt durch die Bildung einer sehr bedeutenden Menge Zucker in der reifenden Frucht, welche aus dem vorher erzeugten Dextrin, und der oftmals z. B. in den unreifen Aepfeln vorhandenen Stärke gebildet wird. Bei diesen letzteren Prozessen wird fortwährend Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft absorbirt und dafür Kohlensäure entwickelt, ganz in derselben Weise, wie diese Erscheinungen während des Keimens des stärkemehlhaltigen Samenkornes bei dem Uebergange von Stärke in Dextrin und Zucker beobachtet werden. Aehnliche Prozesse erzeugen ähnliche Erscheinungen.

Zweiter Theil.

Spezieller Theil der Wissenschaft des Ackerbaues.

Der Ackerbau

in seiner Begründung durch die Naturgesetze.

Die Prozesse und Erscheinungen, welche das Leben der Pflanze begleiten, sind keineswegs bis jetzt hinlänglich ergründet und in ihren Ursachen überall klar erkannt. In der Lehre von der Entwicklung des vegetabilischen Organismus findet man gar häufig die Worte: es scheint, vielleicht, vermuthlich, möglicherweise ꝛc. angewendet, und nicht selten sieht man sich zu der offenen Erklärung genöthigt: hierüber sind wir noch völlig im Unklaren, erst künftige Forschungen werden hier unsere Kenntnisse begründen und über das bisher noch Dunkle und Unbegreifliche allmählig immer helleres Licht verbreiten. Es ist indeß schon ein großer Gewinn für die Wissenschaft, ein bedeutender Fortschritt zum Besseren, wenn man frei von Ueberschätzung und Anmaßung das Ganze des bisher Erforschten mit ruhigem Blicke übersieht, und bei solcher Betrachtung dahin gelangt, die ungenauen Beobachtungen von den zuverlässigen, und überhaupt das Falsche von dem Wahren zu scheiden, zugleich aber die Mittel und Wege aufzufinden und festzustellen, welche uns mit Sicherheit einer klareren Erkenntniß entgegenführen. Nachdem die Wissenschaft eine kurze Zeit ihre gegenwärtige Bedeutung für die Praxis überschätzt hatte, ist sie nunmehr zur wahren Selbsterkenntniß gelangt, und zeigt dieselbe in dem Bestreben, erst ihre eigenen Pfeiler auf sicheren Grund zu bauen, ehe sie, selbst noch ein wankendes Gebäude, es unternimmt, anderen Zweigen des menschlichen Wissens zur sicheren Stütze zu dienen; mit diesem Bestreben ist ein steter und rascher Einleitung.

Fortschritt der Wissenschaft gesichert, und mit jedem Fortschritt wird ein neuer Baustein geschaffen zur künftigen festen Begründung und Vervollkommnung der praktischen Landwirthschaft.

Gegenstand der Behandlung.

Ich werde in dem Folgenden versuchen ein Bild zu entwerfen zunächst von der Wissenschaft selbst, hierbei die bisherigen praktischen Erfahrungen zur Stütze der allgemeinen Theorien benutzen, sodann aber die Punkte näher bezeichnen, in welchen Praxis und Wissenschaft sich besonders nahe berühren und namentlich die erstere durch die letztere gefördert und vervollkommnet werden kann. Schon in der Einleitung wurde ausdrücklich ausgesprochen, daß es nicht in dem Zwecke dieses Werkes liegt, die Wissenschaft des Ackerbaues nach allen Richtungen hin zu verfolgen und zu entwickeln, es sollen im Gegentheil nur deren naturgesetzliche Grundlagen entworfen werden, damit aus ihnen der Praxis eine festere Stütze erwachse. Diese Grundlagen sind aber keineswegs schon gegeben in der Lehre von der Ernährung der Pflanze, es muß vielmehr das Leben der letzteren und deren Gedeihen noch von anderer Seite beleuchtet werden. Der Ackerbau nämlich erstreckt sich nur auf gewisse Pflanzen und erstrebt die möglichst vollkommne Ausbildung derselben oder einzelner ihrer Theile; zu diesem Zwecke ist es nicht hinreichend der Pflanze ihre nothwendige Nahrung darzubieten, wie solches auf ihrem natürlichen Standorte geschieht, sondern es muß auch diese Nahrung eine ganz bestimmte, dem jedesmaligen Zwecke entsprechende Beschaffenheit haben, und außerdem müssen auch die äußeren im Boden und in der umgebenden Luft vorhandenen Zustände dem Wachsthum in keiner Weise hindernd entgegentreten. Wenn bisher nur von der Ernährung der Pflanze im Allgemeinen die Rede war und die Prozesse und Erscheinungen beschrieben wurden, welche während der normalen Entwicklung der Pflanze auftreten, so haben wir nunmehr die letztere zu betrachten in ihrer möglichst üppigen, oft krankhaft üppigen Entfaltung. Die Bedingungen hierzu sind allerdings im Wesentlichen dieselben wie für das normale Pflanzenleben, aber man hat eine ungleich größere Sorgfalt auf deren Erkennung und Herstellung in ihrer günstigsten Beschaffenheit zu verwenden, damit es wo möglich gelinge, das Wachsthum künstlich und willkürlich nach dieser oder jener Richtung hin zu leiten. Es sind im Vorhergehenden von den verschiedenen Zweigen der Naturwissenschaft zur Erklärung des Pflanzenlebens hauptsächlich nur die Chemie und Pflanzenphysiologie benutzt worden, und diese genügen, wenn wir die Entwicklung der vegetabilischen Substanz im Allgemeinen

uns deutlich machen wollen; richten wir dagegen auf eine besondere Pflanze unseren Blick, so werden wir gar bald erkennen, daß noch andere Bedingungen zu ihrem Wohlbefinden und üppigen Gedeihen erforderlich sind, als diejenigen, welche mit der Gegenwart gewisser Nahrstoffe erfüllt sind. Man bemerkt sofort, daß eine Pflanze unter Verhältnissen gedeiht, welche dem Fortkommen einer anderen nicht mehr günstig sind, die eine wächst unter einem heißen Himmel, die andere begnügt sich mit einer weit niedrigeren Temperatur, die eine widersteht den nachtheiligen Einflüssen der herrschenden Winde, während die andere ihnen unterliegt, die eine liebt Trockenheit, die andere Feuchtigkeit, die eine Licht, die andere Schatten, die eine den lockeren, warmen Sandboden, die andere den feuchten, bindigen Thonboden oder gar Sumpf- und Moorgrund. Es wird daher jetzt, wo wir zu dem specielleren Theile dieses Werkes, zu der Begründung der eigentlichen Naturwissenschaft des Ackerbaues übergehen, nothwendig sein, die Bedingungen des Pflanzenlebens ins Auge zu fassen, welche in ihrer vielfach abweichenden Beschaffenheit jedesmal auch vorzugsweise in einer ganz bestimmten Vegetation ausgeprägt sind oder in der besonders üppigen Entwicklung eines gewissen Pflanzentheiles sich kundgeben; mit kurzen Worten, wir haben hier die Grundzüge der Düngerlehre und der Bodenkunde zu entwickeln, welche nebst der Theorie der Wechselwirthschaft die erste Hälfte des speciellen Theiles der Wissenschaft des Ackerbaues ausmachen werden.

Erste Abtheilung.

Weitere Entwicklung der naturgesetzlichen Grundlagen des Ackerbaues und Unterstützung der Wissenschaft durch die praktische Erfahrung.

Erster Abschnitt.

Zusammensetzung und Eigenschaften der Ackerkrume nebst den äußeren Einflüssen auf deren Gestaltung.

Die Bodenkunde.

Frühere Behandlungsweise der Bodenkunde.

Noch vor wenigen Jahren wurde fast Alles, was aus dem Bereiche der Naturwissenschaften dem praktischen Landwirthe ein Interesse abgewinnen konnte, unter dem Gesammtbegriff der Bodenkunde abgehandelt. In dem Programm der landwirthschaftlichen Lehranstalten fand man Vorträge über Bodenkunde angekündigt, welche ein ganzes Semester oder selbst ein ganzes Jahr hindurch wöchentlich oft 4 oder 5 Stunden ausfüllen sollten; in neuester Zeit werden diese endlosen Vorträge über Bodenkunde nach und nach ersetzt durch Belehrungen über Agriculturchemie oder im Allgemeinen über die naturgesetzlichen Grundlagen der Landwirthschaft. Aus den vorhandenen sehr umfangsreichen Werken, welche den Titel der Bodenkunde führen, ersehen wir, auf welche Weise diese Lehre behandelt wurde; jene Werke nämlich bestehen entweder zur einen Hälfte aus allgemeiner theoretischer Chemie, zur anderen aus Geognosie und Mineralogie, nebst ein wenig Meteorologie und noch weit weniger Agriculturchemie, oder sie enthalten eine große An-

zahl von unerquicklichen und völlig nutzlosen Bodenanalysen, welche dem erstaunten Leser zur beliebigen Auswahl und Benutzung vorgelegt werden, ohne jedoch daß ihm behufs der letzteren die geringste Anleitung gegeben würde und ohne daß aus jenen Zusammenstellungen allgemeine wissenschaftlich wichtige Schlußfolgerungen gezogen würden und zwar aus dem einfachen Grunde, weil aus jenen Analysen gar keine brauchbare Folgerungen sich ergeben. Man betrachtete noch vor gar nicht langer Zeit in einer Bodenanalyse das Heil der ganzen Landwirthschaft, und glaubte aus jener sofort ein zuverlässiges Bild von der Ertragsfähigkeit und Fruchtbarkeit eines Feldes entwerfen zu können. Wir müssen hier der Wahrheit gemäß eingestehen, daß die Bodenkunde gegenwärtig eine nur geringe Bedeutung für die Praxis hat, daß der Nutzen, den die letztere aus ihr bisher gezogen hat, nicht viel höher als gleich Null zu schätzen ist, daß die Bodenkunde ferner gerade vielleicht den schwächsten Theil der ganzen Agriculturchemie oder der ganzen Naturwissenschaft des Ackerbaues bildet, weil noch nicht einmal die ersten Grundlagen jener Lehre festgestellt, ja kaum in ihrem ganzen Umfange bekannt oder doch nicht berücksichtigt sind. Das alte Gebäude der Bodenkunde muß umgestoßen und auf erst neu zu schaffende Grundlagen ein völlig neues Gebäude aufgeführt werden, zu welchem Zwecke nur wenig ältere Materialien brauchbar sind. Ich will es in dem Folgenden versuchen, wenigstens einige Bausteine zur Befestigung der ersten Grundlagen zu sammeln. Wo noch fast gar Nichts vorhanden ist, da wird man auch nicht mehr als einzelne Andeutungen und ganz allgemein gehaltene Umrisse einer erst neu zu bildenden Lehre erwarten dürfen, und deshalb im Einzelnen an diesen Versuch auch nicht den Maaßstab einer strengen Kritik legen wollen. Es ist oft leicht das Alte in seinen Stützen wankend zu machen oder gar völlig umzustoßen, aber nur langsam und schwierig erhebt sich auf dessen Trümmern ein neues und vollkommneres Gebäude.

Bedeutung der Bodenkunde für die Praxis.

In einer praktischen Wissenschaft müssen auch überall praktische Gesichtspunkte als Leitsterne bei unseren Betrachtungen und Forschungen uns begleiten. In der Bodenkunde haben wir es, wie schon gesagt wurde, nicht allein mit der Entstehung der Ackerkrume und der chemischen Zusammensetzung derselben wie des Untergrundes zu thun, nicht allein mit der Feststellung der größeren oder geringeren Fruchtbarkeit für die Entwicklung der vegetabilischen Substanz überhaupt, sondern mit der Erörterung der Bedingungen, unter welchen einzelne bestimmte Pflanzen

Zweck und Inhalt der Bodenkunde.

gedeihen und gerade diejenigen, welche im Großen angebaut werden, auf deren möglichst vollkommne Ausbildung nach gewissen Richtungen hin der Landwirth Sorge und Mühe verwendet, wobei er Unterstützung von der Wissenschaft erwartet. Als Ziel unseres Strebens müssen wir die Aufgabe hinstellen, aus wissenschaftlich feststehenden Thatsachen, unter Voraussetzung einer zweckmäßigen Bearbeitung und Düngung, die Höhe der Fruchtbarkeit eines Bodens für diese oder jene Pflanze oder für eine bestimmte Reihenfolge verschiedener ökonomischer Pflanzengattungen zu bestimmen und somit also auch die sicheren Grundlagen zu liefern für eine praktisch brauchbare Classification der Bodenarten. Wir sind noch sehr weit von diesem Ziele entfernt. Wir kennen wohl die allgemeinen Nahrungsstoffe der Pflanze ihrer Qualität nach, aber keineswegs in welchen Mengenverhältnissen, in welchen Verbindungen und Gemengen sie die günstigste und zugleich praktisch vortheilhafteste Wirkung bei der Cultur dieser oder jener Pflanze äußern. Erst in der allerneuesten Zeit hat man angefangen hierüber Forschungen anzustellen, welche jedoch erst später nach der Ausführung von vielen Tausenden Versuchen im Großen und im Kleinen zu allgemein wichtigen Folgerungen führen können; diese ersten schwachen Anfänge zur Aufklärung über die vorliegende Frage werden in der Lehre vom Dünger Erwähnung und Berücksichtigung finden; hier müssen wir uns auf einige Bemerkungen beschränken über den Zustand der Auflöslichkeit und Unlöslichkeit der pflanzenernährenden Bestandtheile des Bodens, indem wir hinsichtlich der allgemeinen Bedeutung dieser Stoffe für das Leben der Pflanze auf den vorhergehenden, hinsichtlich ihrer speciellen Wirkung aber auf den folgenden Abschnitt verweisen.

Momente zur Beurtheilung des Bodens.

Es ist meine Absicht, die allgemeinen Momente für eine gründliche Beurtheilung des Bodens zu sammeln und diese hier unter dem gemeinschaftlichen Namen der Bodenkunde zusammenzustellen. Für die Entwicklung der Pflanzen im Allgemeinen sind die chemischen Eigenschaften und Bestandtheile des Bodens offenbar von vorherrschender Bedeutung, in der Praxis des Ackerbaues aber richtet man bei der Beurtheilung der Güte und Tragbarkeit des Bodens sein Augenmerk vorzugsweise und fast ausschließlich auf die physikalische Beschaffenheit der Ackerkrume und des Untergrundes, welche allerdings auch zum großen Theile durch die gegenseitigen Mengenverhältnisse der Hauptbestandtheile des Bodens bedingt und herbeigeführt werden, aber durch Bestandtheile, die bei der direkten Ernährung der Pflanze fast ganz indifferent sich verhalten.

Die direkt pflanzenernährenden Stoffe werden durch die Düngung und den Prozeß der Verwitterung herbeigeführt und immer aufs Neue ersetzt, die dem Wachsthum ungünstigen physikalischen Eigenschaften sind aber nur mit Aufwand von großen Kosten zu beseitigen, zuweilen auch gar nicht wesentlich zu verbessern. Wer das vegetabilische Leben in der Natur mit Aufmerksamkeit beobachtet, der gelangt sehr bald zu der Erkenntniß, daß selbst die kleinste Aenderung im physikalischen Zustande des Bodens in der auf ihm vorhandenen Vegetation sich abspiegelt und in der mehr oder weniger vollkommenen Entwicklung einer bestimmten cultivirten Pflanze und deren einzelnen Theile sich ausgesprochen findet, daß überhaupt das Gedeihen der Pflanzen und deren Vertheilung auf den verschiedenen Bodenarten eines bestimmten Landstriches, unter gleichen klimatischen Einflüssen, weit mehr an die physikalische als an die chemische Beschaffenheit jener Bodenarten gebunden erscheint. Der Einfluß des Bodens auf die Verbreitung der wildwachsenden Pflanzen wird in einem besonderen Capitel der Bodenkunde nähere Berücksichtigung finden.

In Gebirgsgegenden oder im Flachlande, wo feste anstehende Gesteine zu Tage ausgehen und deren Oberfläche also den zerstörenden und verwitternden Einflüssen der atmosphärischen Stoffe ausgesetzt ist, da muß die chemische Zusammensetzung jener Gesteine und die physikalische Beschaffenheit der Verwitterungsproducte einen wesentlichen Einfluß ausüben auf die Güte und den Grad der Fruchbarkeit in der neu sich bildenden und in der schon früher vorhandenen Ackerkrume. Es würde daher ein Moment zur Beurtheilung des Bodens vermißt werden, wenn wir in diesen allgemeinen Umrissen der Bodenkunde nicht auch den Einfluß der geognostischen Verhältnisse auf die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften der Ackerkrume näher erörtern wollen. Leider tappen wir auch hier noch vielfach im Dunkeln herum; es fehlt uns durchaus an genauen Beobachtungen über das Verhalten der Verwitterungsproducte verschiedener allgemein verbreiteter Felsarten zu der Güte und Ertragsfähigkeit des aus ihnen vorzugsweise oder ausschließlich gebildeten Bodens. Unläugbar können im Interesse der Bodenkunde und somit auch der ganzen praktischen Landwirthschaft in den betreffenden Gegenden zur Aufklärung dieser Verhältnisse wichtige Beobachtungen angestellt werden, wobei allerdings dann zu beachten wäre, daß auch den jedesmaligen klimatischen Verhältnissen sowohl für den Prozeß der Verwitterung selbst, als auch für die Beurtheilung der Güte eines Bodens eine hohe Bedeutung zugeschrieben werden muß.

Die klimatischen oder vorherrschenden Witterungsverhältnisse in ihrer Gunst oder Ungunst sind das eigentlich Maßgebende für die Ausbreitung eines lohnenden Ackerbaues; in ihnen ist vorzugsweise der Grad der Sicherheit des Gedeihens einer bestimmten Culturpflanze bedingt. Was hilft dem Gebirgslandwirth sein nicht selten in physikalischer und chemischer Hinsicht vortrefflicher Boden, welcher in einzelnen günstigen Jahren sogar wirklich ausgezeichnete Ernten liefert, wenn er weit häufiger noch seine ganze Ernte vernichtet sieht durch einen früh eintretenden Frost oder einen starken Schneefall, wenn er in täglicher Angst und Furcht leben muß, daß ein Spätfrost im Frühjahr und selbst in der Mitte des Sommers seine jungen Saaten fast vollständig zu Grunde richtet. Aber auch der Landwirth des Flachlandes hat zuweilen, freilich bei weitem nicht in dem Grade, wie der Gebirgsbewohner, durch eigenthümliche klimatische Verhältnisse zu leiden, auch hier zerstört eine ungünstige Witterung manchmal die Hoffnungen auf eine gute und lohnende Ernte. Es wird daher für den Landwirth überhaupt nicht ohne Interesse sein, in dem Folgenden einen kurzen Abriß der allgemeinen Klimatologie zu finden, so wie einzelne Andeutungen über den Einfluß der klimatischen Verhältnisse auf das Gedeihen und die Verbreitung der Pflanzen, auf die Ertragsfähigkeit des Bodens und die Sicherheit eines lohnenden Ackerbaus.

Den Schluß und den Ausgangspunkt der ganzen Bodenkunde bildet die Classifikation der Bodenarten, zu deren Begründung ich hier aber ebenfalls nur die einzelnen Momente andeuten kann; die vorhandenen Grundlagen sind noch lange nicht hinreichend befestigt, als daß schon jetzt vom wissenschaftlichen Standpunkte aus eine neue umfassende und in der Praxis brauchbare Classifikation der Bodenarten hingestellt werden könnte. Hierin ist gegenwärtig die Praxis der Wissenschaft noch voraus und so lange die letztere nicht selbstständig auftreten kann, thut sie wohl, sich an die erstere anzuschließen und von ihr Stützen zur eigenen Befestigung zu entnehmen, ein wohlgemeinter Rath, den wir selbst im Folgenden zu beherzigen gedenken.

A. Die chemischen Eigenschaften der Ackerkrume.

Beschränkung des Inhalts des Capitels.

Den früheren Werken über Agriculturchemie überhaupt, wie über Bodenkunde insbesondere findet man häufig eine sehr umfassende Beschreibung der Eigenschaften und des chemischen Verhaltens der Elemente

und deren Verbindungen vorangestellt, eine Beschreibung, welche fast ausschließlich der allgemeinen theoretischen Chemie entlehnt ist. Meiner Ueberzeugung zufolge ist die Wissenschaft der naturgesetzlichen Grundlagen des Ackerbaues bei allen ihren Mängeln doch gegenwärtig schon hinreichend ausgebildet, daß sie eines solchen engen Anschlusses an die theoretische Chemie völlig entbehren kann, zumal da die letztere mit besonderer Berücksichtigung der Interessen des Landwirthes schon mehrfach eine genügende Behandlung gefunden hat. Zum Verständniß des vorliegenden Werkes sind nur wenige chemische Kenntnisse erforderlich; es wäre daher schon aus diesem Grunde völlig überflüssig, ausführlich auf die Erörterung der allgemeinen Gesetze einzugehen, welchen die bestehenden Körper bei ihrer chemischen Verbindung und Zersetzung unterworfen sind. In den wenigen Fällen, wo es nothwendig schien, die allgemein theoretischen Lehren der Chemie zu berühren, ist es in möglichster Kürze geschehen.

Um nicht mehrfacher Wiederholungen beschuldigt zu werden, die in einem Werke über die naturgesetzlichen Grundlagen des Ackerbaues, in welchem die einzelnen zu behandelnden Gegenstände in so überaus naher Beziehung zu einander stehen, nicht immer vollständig vermieden werden können, muß hier außer der schon oben angedeuteten noch eine weitere Beschränkung desjenigen eintreten, was man wohl in diesem Kapitel erwarten möchte. Es bleibt nämlich hier nur übrig, die quantitativen Verhältnisse und den Zustand näher zu erörtern, in welchem die einzelnen Bestandtheile in der Ackerkrume auftreten und vorzugsweise das chemische Verhalten des Humus und des Thones zu erklären, während hinsichtlich des Kalkes und des Sandes auf ein anderes Capitel der Bodenkunde zu verweisen ist, in welchem von dem Einfluß der geognostischen Verhältnisse auf die chemische und physikalische Beschaffenheit des Bodens die Rede sein wird.

Nur diejenigen Bestandtheile der Ackerkrume, welche entweder in reinem oder in kohlensäurehaltigem Wasser, welches letztere die obersten Schichten der Erdoberfläche fast allenthalben durchdringt, auflöslich sind, können von der Pflanze aufgenommen, können direkt zur Ernährung der Pflanze verwendet werden. Die Menge der auflöslichen in der Ackererde enthaltenen Stoffe, welche vorzugsweise dem Mineralreiche angehören, giebt zunächst ein Maaß von der ernährenden Kraft oder der Fruchtbarkeit des Bodens, welche sofort der auf ihm sich entwickelnden Vegetation dargeboten werden und zu Gute kommen kann, vorausge- In Wasser lösliche Bestandtheile des Bodens.

setzt, daß die Quantität dieser Substanzen nicht eine zu große ist, denn ein Uebermaaß von Nahrungsmitteln, namentlich von leicht auflöslichen Mineralsalzen kann dem Wachsthum der Pflanzen ebenso schädlich werden, als ein zu großer Mangel an denselben. Die mittelst Wasser aus einer Ackererde ausgezogene Auflösung enthält in der Regel größere oder geringere Mengen von Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Thonerde, Eisenoxyden, Manganoxydul, Ammoniak, sämmtliche Stoffe in chemischer Verbindung mit verschiedenen Säuren, wie Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kohlensäure, Chlor, Humus oder Humussäure, außerdem Kieselsäure, zuweilen auch Salpetersäure, Kupfersalze, Brom-, Jod-, Fluormetalle &c. Behandelt man einen Theil des gebliebenen Rückstandes von der Ackerkrume mit einer verdünnten Säure, z. B. Salzsäure, einen anderen mit einer Auflösung von kohlensauren Alkalien, so findet man, daß in diesen Flüssigkeiten wiederum neue, wenn gleich von den ersteren sehr abweichende Quantitäten der bereits angeführten Substanzen sich auflösen und dieselben Körper endlich bleiben zum Theil noch zurück in verschiedenen meist complicirteren Verbindungen unter einander und in einem Zustande, in welchem sie weder der auflösenden Kraft des Wassers noch der verdünnten Säuren und alkalischen Lösungen folgen, und nur durch fortdauernde Behandlung mit concentrirten starken Säuren oder durch Zusammenschmelzen mit kohlensauren Alkalien zum Behufe der Analyse in den aufgelösten Zustand übergeführt werden können.

In Säuren und Alkalien lösliche Stoffe.

Vorherrschende Bestandtheile der Ackererde.

Enthält eine Ackererde weiter keine anderen Stoffe als reinen Quarzsand, Thon und Humus, welchen Bestandtheilen vielleicht noch gewisse Quantitäten von Kalk beigemengt sein können, so befindet sie sich in dem Zustande ihrer höchsten Entwicklung, aber zugleich in dem der höchsten Unfruchtbarkeit, d. h. die im Vorhergehenden ausführlich beschriebenen Prozesse der Verwitterung haben auf diese Ackerkrume weiter keine zersetzende und auflösende Wirkung, die Verwitterung ihrer Bestandtheile ist gleichsam vollendet, und sie liefert unter dem Einfluß der atmosphärischen Bestandtheile keine anderen Nahrungsstoffe, als vielleicht eine dürftige Menge von Kohlensäure, welche durch Zersetzung der in ihr enthaltenen Humussubstanzen gebildet wird. Eine solche Ackerkrume würde auf natürlichem Wege nicht im Stande sein, eine einzige, auch nicht die bescheidenste Pflanze hervorzubringen, weil in ihr ein gänzlicher Mangel der zum Wachsthum der Pflanzen unentbehrlichen mineralischen Nahrungsstoffe eingetreten ist; eine solche Ackerkrume würde selbst durch gänzliches Brachliegen viele Jahre hindurch nur

einen geringen Grad von Fruchtbarkeit wieder erlangen, indem die einzige Quelle, aus welcher ihr die nöthigen Mineralstoffe nach und nach zugeführt werden könnten, das Regen- und Schneewasser nämlich, deren nur eine geringe Quantität enthält und nur nach Verlauf langer Zeit die zur Entwicklung einer üppigen Vegetation erforderliche Quantität zu liefern vermag. Eine Ackerkrume, welche aus den angeführten Substanzen in einem entsprechenden Verhältnisse zusammengesetzt wäre, würde aber natürlich für die Cultur noch einen sehr brauchbaren Boden abgeben, indem man durch Zufuhr von zweckmäßigen Düngmitteln jene Ursache der Unfruchtbarkeit wieder vollständig aufheben könnte.

Verhalten von Thon und Humus gegen die fixen Alkalien.

Der Zustand völliger Unfruchtbarkeit bei einer aus Sand, Thon, Kalk und Humus zusammengesetzten Ackerkrume existirt jedoch nur in der Idee; der absolute Mangel an auflöslichen Mineralstoffen ist nur denkbar in einem Boden, der aus reinem Flugsande, aus fein zertheilten Quarzkörnern besteht, während die Anwesenheit von Thon und noch mehr von Humus stets auch die Gegenwart von größeren oder geringeren Mengen alkalischer Salze bedingt; denn der Thon sowohl wie der Humus besitzt ein Anziehungsvermögen, eine bindende Kraft hinsichtlich der leicht auflöslichen ganz besonders das Wachsthum der Pflanzen befördernden Alkalien, die letzteren werden nur langsam an die Pflanzen abgegeben, indem unter dem Prozeß der Verwitterung der Humus allmählig in Kohlensäure vollständig verwandelt wird, und die Verbindung des Thones mit jenen Substanzen gleichfalls unter dem Zutritt der atmosphärischen Luft und unter dem mehr und mehr stattfindenden Eindringen der feinen Pflanzenwurzeln gelockert wird. Es kann daher ein Boden noch verborgene, gebundene Nahrungskraft besitzen, auch wenn das Wasser keine auflöslichen Mineralsubstanzen oder wenigstens nur sehr geringe Mengen demselben zu entziehen vermag. Ein solcher Boden ist, nachdem mehrfache Ernten ihm seine zunächst verwendbaren Nahrungsstoffe entzogen haben, nur für den Augenblick unfruchtbar; durch Ruhe, durch mehrjähriges Brachliegen, durch Vermehrung des Luftzutritts in Folge mechanischer Auflockerung, durch Vertiefung der Ackerkrume, kann man ihm seine frühere Fruchtbarkeit zurückgeben und wiederum einträgliche Ernten von demselben gewinnen.

Das angegebene Verhalten des Thones und der humusartigen Substanzen, ihre bindende Kraft für die leicht auflöslichen Mineralkörper ist von so außerordentlicher Bedeutung für die Güte des Bodens, daß eben in jener Eigenschaft zum Theile wenigstens die Ursache

zu suchen ist von der bekannten Thatsache, daß mit der Vermehrung des Thon- und Humusgehaltes bis zu einer bestimmten Höhe, auch eine Zunahme der Ertragsfähigkeit dieses Bodens verbunden ist. Jenes Verhalten bewirkt nämlich, daß trotz der Gegenwart einer bedeutenden Menge von auflöslichen Mineralstoffen, die auf den Erdboden herabströmenden Regenwasser bei ihrem Abfließen aus einer thon- und humushaltigen Ackerkrume nur wenige düngende oder pflanzenernährende Substanzen mit fortzuführen vermögen; in demselben Verhalten liegt die Ursache, weswegen die künstliche Entwässerung des Ackerbodens und namentlich die Anlegung von unterirdischen Abzügen keineswegs eine Auslaugung der Ackerkrume bewirkt, sondern im Gegentheil unter sonst günstigen Umständen und den nöthigen Vorsichtsmaßregeln, im hohen Grade die Fruchtbarkeit eines kalten, feuchten und zähen Bodens zu erhöhen im Stande ist. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß trotzdem in jenen von dem Acker abfließenden Wassern allerdings stets noch eine größere oder geringere Menge, dem Wachsthum der Pflanzen im Allgemeinen zuträglicher Stoffe sich aufgelöst vorfindet, welche der verständige Landwirth dadurch seiner Wirthschaft zu bewahren, zu seinem eigenen Vortheil zu verwenden sucht, daß er jene Wasser wo möglich auf seine Wiesen leitet, und hier dadurch im hohen Grade den Graswuchs befördert. Ebenso wie die Gegenwart von Thon und Humus dem auslaugenden Bestreben des Wassers hindernd entgegentritt, dient die Beimengung derselben Stoffe auch dazu, die nachtheilige aussaugende und ausbrennende Wirkung der Luft, der Winde und der Sonne bedeutend zu mäßigen, wodurch also bewirkt wird, daß die werthvollste Düngsubstanz, nämlich der chemisch gebundene Stickstoff oder das Ammoniak im Boden zurückbleibt und den auf demselben gedeihenden Pflanzen vollständig zu Gute kommt. In thon- und humusarmen Bodenarten ist bekanntlich eine sehr große Düngmasse erforderlich, um einen guten Ertrag zu bewirken, die große Lockerheit setzt dem Durchdringen und der fortdauernden Erneuerung von Luft und Wasser keinen Widerstand entgegen.

Verhalten von Thon und Humus gegen das Ammoniak.

Der Humus als wesentlicher Bestandtheil der Ackerkrume.

Der Humus hat, wie wir oben nachgewiesen haben, wenigstens für die höher organisirten, gewöhnlichen Pflanzen keine direkt ernährende Kraft. Der Humus bedingt jedoch erfahrungsmäßig eine größere Fruchtbarkeit des Bodens, so daß man in der That lange Zeit hindurch geneigt war, allein nach dem größeren oder geringeren Gehalte an Humus die Güte des Bodens zu bestimmen. Daß eine solche Bestimmung,

wenn auch die Idee von der direkten Ernährungsfähigkeit des Humus, von welcher man allerdings ausging, eine unrichtige war, dennoch nicht ohne Grund ist, können wir jetzt vom wissenschaftlichen Standpunkte aus bestätigen und beweisen. Der Humusgehalt im Boden hindert, wie schon angedeutet wurde, die zu stark und schnell auflösende und auslaugende Kraft des Wassers; wie er die sogenannten fixen Alkalien, das Kali und Natron in einen dem Wachsthum der Pflanzen günstigeren, mehr gebundenen und weniger auflöslichen Zustand überführt, so hindert er auf der anderen Seite auch die schnelle Entweichung des flüchtigen Alkali's, nämlich des Ammoniaks, und äußert sogar eine Anziehung gegen das letztere, wenn es gasförmig in der umgebenden Atmosphäre verbreitet ist oder im Regenwasser aufgelöst dem Boden zugeführt wird. Der Humusgehalt ferner steht in der Regel mit der lehmigen oder thonigen Beschaffenheit des Bodens in sehr naher Beziehung; um so größer der Humusgehalt, um so größer ist auch gewöhnlich der Lehmgehalt der Ackerkrume, es versteht sich natürlich bei gleichbleibenden äußeren Verhältnissen, namentlich bei einer freien, der Sonne, wie der Luft ausgesetzten Lage; der Lehm nämlich mäßigt in Folge seines festen Zusammenhanges und seiner Bindigkeit den unter günstigen Umständen die organischen abgestorbenen Substanzen schnell auflösenden und zerstörenden Einfluß der Atmosphäre, der Wärme und des Wassers; aus einem lockeren Sandboden verschwindet jährlich in Folge des Verwesungsprozesses eine ebenso große Quantität an Humus, als ihm durch die Ueberreste der auf ihm sich entwickelnden Pflanzen geliefert worden ist, in einem reinen Sandboden kann bei offener und trockener Lage niemals eine bedeutende Menge von Humus sich ansammeln, kann dieselbe niemals längere Zeit hindurch sich erhalten. Der Humus trägt auch aus dem Grunde chemisch zu der Verbesserung des Bodens bei, weil er eine zwar langsame, aber anhaltende Quelle von Kohlensäure den Pflanzen darbietet, er erleidet nach und nach eine vollständige Zersetzung und giebt dabei die vorher von ihm gebundenen Alkalien und das Ammoniak zur Beförderung der Vegetation her. Der Gründe sind also manche, deretwegen man dem Humus wohl eine hohe wichtige Bedeutung für die Entwicklung vegetabilischer Organismen zuschreiben muß, eine Bedeutung, welche man noch höher zu schätzen im Stande sein wird, wenn wir im folgenden Capitel den Einfluß des Humus auf die Verbesserung der physikalischen Eigenschaften der Ackerkrume zu erörtern die Gelegenheit nehmen werden. Die Behauptung ist sehr thöricht, daß die Chemiker

neuerer Zeit den Werth des Humus nicht zu schätzen wüßten, daß man vielmehr ihnen zufolge allenthalben, wo er sich vorfände, denselben durch Feuer oder andere Mittel zerstören solle, — die Agriculturchemiker betrachten ebenso gut, wie die ausübenden Landwirthe, den Humus als einen überaus wichtigen, ja nothwendigen Bestandtheil einer fruchtbaren Ackerkrume, nur läugnen sie entschieden seine directe Nahrungsfähigkeit, seinen unmittelbaren Uebergang in die Pflanze, und für diese ihre Ansicht wissen sie, wie ich glaube, genügende und überzeugende Gründe aufzustellen.

Zweck und Bedeutung der Bodenanalyse.

Die im Obigen gegebenen Andeutungen beweisen klar, wie wichtig es ist bei der Untersuchung von Bodenarten und bei der Bestimmung ihrer Fruchtbarkeit nach deren Bestandtheilen, auf den Zustand Rücksicht zu nehmen, in welchem diese Bestandtheile in der Ackererde zugegen sind. Es könnte sehr leicht der Fall eintreten, daß zwei Bodenarten, welche in ihrer gegenwärtigen Ernährungsfähigkeit himmelweit von einander verschieden sind, in der That ganz und gar dieselbe procentische Zusammensetzung zeigten, während dagegen die einzelnen Elemente mit einander ganz verschiedene Verbindungen bilden, und diese Verbindungen selbst oder die näheren Bestandtheile der Ackerkrume in einem ganz verschiedenen Zustande der Verwitterung, d. h. der Auflöslichkeit oder der Verwendbarkeit zur Ernährung der Pflanze sich befinden. Die bisher unternommenen Bodenanalysen haben fast durchgängig keine Rücksicht genommen auf jenen Zustand und aus diesem Grunde sind sie fast von gar keiner Bedeutung weder für die Wissenschaft im Allgemeinen, noch für die praktische Landwirthschaft insbesondere; sie geben nur ein Bild von der Fruchtbarkeit, welche in einem bestimmten Boden möglicherweise vorhanden sein kann, aber liefern uns keine Kunde darüber, ob diese Fruchtbarkeit schon jetzt den Pflanzen zu Gute kommen kann, oder erst im Verlaufe von Jahrhunderten und Jahrtausenden aus dem Boden sich entwickeln wird; solche Bodenanalysen haben keinen höheren Werth und kaum noch so hohen, als diejenigen, welche sich auf die ungefähre oder oberflächliche Bestimmung der Hauptbestandtheile eines Ackerbodens beschränken, nämlich des Sandes, des Thones, des Kalkes und der Humussubstanzen. Die letzteren Analysen sind für den praktischen Landbau in der Regel genügend, sie liefern als Resultat die Kenntniß, ob der untersuchte Boden für den Anbau dieser oder jener Pflanze im Großen mehr oder weniger geeignet sei, namentlich da aus den Mengenverhältnissen der Hauptbestandtheile auch Schlüsse gemacht werden können auf

die physikalischen Eigenschaften der Ackerkrume. Die Wissenschaft verlangt mehr von einer Bodenanalyse; durch dieselbe muß die selbstständige Fruchtbarkeit des Bodens genau erforscht werden, die Nahrungsstoffe, welche gegenwärtig, augenblicklich disponibel sind, diejenigen, welche bald in diesen Zustand überzugehen vermögen, und endlich die, welche in entfernterer Zukunft erst zu verwenden sein werden; es müssen aus den Verbindungen der elementaren Bestandtheile und aus ihren gegenseitigen Mengenverhältnissen sichere Schlüsse gezogen werden können auf die Ertragsfähigkeit des Bodens für diese oder jene bestimmte Pflanze in der Gegenwart, wie in der Zukunft. Derartige Analysen sind aber bei ihrer Ausführung mit großen Schwierigkeiten, mit einem bedeutenden Aufwande von Zeit und Sorgfalt verbunden, ja selbst diese Untersuchungen werden keinen praktischen Nutzen gewähren, wenn sie nicht gleichzeitig auf eine genaue Bestimmung der physikalischen Eigenschaften des Ackerbodens ausgedehnt werden, und endlich vor allen Dingen mit zahlreichen Vegetationsversuchen in Verbindung gesetzt werden; nur directe Versuche mit dem Anbau der verschiedenen Pflanzen auf einem ganz genau untersuchten Boden, unter ganz genau bestimmten äußeren Witterungs- und klimatischen Verhältnissen, werden im Stande sein, der Bodenkunde eine gründliche wissenschaftliche Basis und eine unendlich wichtige praktische Bedeutung zu geben. Gegenwärtig können wir von der Bodenkunde noch keinen hohen Nutzen für die landwirthschaftliche Praxis verlangen, die Lehre von dem Einfluß des Bodens auf das Wachsthum der Pflanzen muß erst selbst eine allgemeinere Begründung erhalten; sie wird eine solche aber, und zwar in der nächsten Zukunft erhalten, wenn die Agriculturchemie eine größere Anzahl von Verehrern gefunden hat, wenn namentlich die praktischen Landwirthe mit den Chemikern zu einem gemeinschaftlichen Streben sich verbunden haben. Die klarere und umfassendere Begründung der Bodenkunde wird und muß dagegen der Landwirthschaft selbst ihre sichere wissenschaftliche Basis und damit der Praxis einen geistigen Aufschwung, unendlich großen materiellen Vortheil gewähren.

Direkte vergleichende Versuche über die Tragbarkeit verschiedener Bodenarten, welche längere Zeit vorher ganz gleicher Bearbeitung, Düngung und Cultur unterworfen worden wären, sind, so viel mir bekannt ist, in nur einigem Umfange und mit der nöthigen Sorgfalt bisher noch nicht ausgeführt worden. Die folgenden freilich sehr ungenügenden Versuche Drappier's, eines französischen Landwirthes, Versuche über die Ertragsfähigkeit des Bodens.

deuten wenigstens den Weg an, auf welchem man in dieser Hinsicht zu brauchbaren Resultaten gelangen wird, vorausgesetzt natürlich, daß man bei solchen Versuchen nicht allein, wie es hier geschehen ist, auf einige der vorherrschenden Bestandtheile des Bodens Rücksicht nimmt, sondern gleichzeitig alle Bedingungen des Gedeihens der Pflanze ins Auge faßt. Drappier suchte möglichst verschiedene Bodenarten aus, steckte für jede einzelne eine Fläche von $^1/_2$ Hectare ab, unterwarf alle diese Ackerstücke der Brache und darauf einer Düngung von 6 sechsspännigen Fudern Mist in völlig gleicher Qualität und Quantität. Jedes Ackerstück wurde nun in 3 gleich große Abtheilungen getheilt, von denen die erste mit 26 Kil. Weizen, die zweite mit 26 Kil. Roggen und die dritte mit 26 Kil. Hafer besäet wurde. Die Ernteresultate waren folgende:

1. Boden (Sand 60, Thon 25 und Kalk 15 Proc.)

Ertrag an Körnern:	Weizen 47 Kil.,	Roggen 198 Kil.,	Hafer 60 Kil.
= = Stroh:	= 283 = ,	= 1476 = ,	= 179 =

2. Boden (Sand 15, Thon 20, Kalk 65 Proc.)

Ertrag an Körnern:	Weizen 51 Kil.,	Roggen 114 Kil.,	Hafer 58 Kil.
= = Stroh:	= 139 = ,	= 860 = ,	= 182 =

3. Boden (Sand 52, Thon 10, Kalk 38 Proc.)

Ertrag an Körnern:	Weizen 57 Kil.,	Roggen 221 Kil.,	Hafer 62 Kil.
= = Stroh:	= 288 = ,	= 1562 = ,	= 159 =

4. Boden (Sand 20, Thon 65, Kalk 15 Proc.)

Ertrag an Körnern:	Weizen 110 Kil.,	Roggen 178 Kil.,	Hafer 130 Kil.
= = Stroh:	= 490 = ,	= 1432 = ,	= 418 =

5. Boden (Sand 45, Thon 35, Kalk 30 Proc.)

Ertrag an Körnern:	Weizen 319 Kil.,	Roggen 503 Kil.,	Hafer 270 Kil.
= = Stroh:	= 1138 = ,	= 1408 = ,	= 892 =

Aus den Resultaten dieser Versuche ersieht man, wie sehr die in ihren vorherrschenden Bestandtheilen verschieden zusammengesetzten Bodenarten in ihrer Ertragsfähigkeit für eine bestimmte Pflanze von einander abweichen, selbst dann, wenn alle nöthigen Nahrungsstoffe in reichlicher und gleicher Menge in ihnen vorhanden oder ihnen zugeführt waren.

Ich werde hier einige der besten, in neuerer Zeit ausgeführten Bodenanalysen mittheilen, um meinen Lesern ein ungefähres Bild von der procentischen Zusammensetzung einer fruchtbaren Ackerkrume zu verschaffen. Fruchtbare Bodenarten Hollands. Zunächst drei ziemlich übereinstimmende Analysen des so fruchtbaren Thonbodens Hollands, aus dem Zuidersee, welcher Boden

ursprünglich von dem Wasser des Rheines bis in die Gegenden seiner Mündung fortgeschwemmt und hier abgesetzt wurde; er muß also hauptsächlich aus den Verwitterungsproducten der Gesteine bestehen, welche zu beiden Seiten das Rheinthal begränzen.

	1.	2.	3.
Unlösliche kieselerdehaltige Thonerde und Quarzsand	57,646	51,706	55,372
Lösliche Kieselerde . . .	2,340	2,496	2,286
Thonerde	1,830	2,900	2,888
Eisenoxyd	9,039	10,305	11,864
Eisenoxydul	0,350	0,563	0,200
Manganoxydul	0,288	0,354	0,284
Kalk	4,092	5,096	2,480
Magnesia	0,130	0,140	0,128
Kali	1,026	1,430	1,521
Natron	1,972	2,069	1,937
Ammoniak	0,060	0,078	0,075
Phosphorsäure	0,466	0,324	0,478
Schwefelsäure	0,896	1,104	0,576
Kohlensäure	6,085	6,940	4,775
Chlor	1,240	1,382	1,418
Humus, Pflanzenüberreste und chemisch gebundenes Wasser	12,000	12,582	12,965
Verlust	0,540	0,501	0,753
	100,000	100,000	100,000

Die hier mitgetheilte Zusammensetzung dieser drei Bodenarten läßt allerdings mit ziemlich großer Sicherheit schließen, daß dieselbe dem Wachsthum der Pflanzen sehr günstig sei; es sind alle nothwendigen Nahrungsstoffe vorhanden; die Gegenwart einer bedeutenden Quantität von Humus, sowie deren Mengenverhältniß zum Thone und zum Sande scheint dem Pflanzenwachsthum im Allgemeinen zusagende physikalische Verhältnisse vorauszusetzen; wir erfahren ferner aus den obigen Analysen, daß bei Nr. 1 z. B., wenn das Gewicht eines Cubikfußes der lockeren Erde gleich etwa 40 Kil. angenommen wird, auf 100 Quadratfuß Oberfläche und bei einer Tiefe der Ackerkrume von 1 Fuß, über 40 Kil. Kali, etwa 19 Kil. Phosphorsäure, beinahe 2½ Kil. Ammoniak in der Ackererde zugegen sind, also hinreichend, um eine üppige

Vegetation viele Jahre hindurch mit immer neuen Nahrungsstoffen zu versorgen; keineswegs jedoch wird aus den analytischen Resultaten uns klar, wie viel der Gesammtmenge der einzelnen Stoffe schon sofort den Pflanzen dargeboten, also zur Ernährung derselben verwendet werden können, und ob die gegenseitigen Mengenverhältnisse der assimilirbaren Stoffe dem Wachsthum der Pflanzen im Allgemeinen oder einer einzelnen bestimmten Pflanze günstig oder ungünstig sind.

Fruchtbare Bodenarten Englands.

Aus einer von Way und Daubeny ausgeführten Untersuchung, auf welche ich in dem Capitel über Wechselwirthschaft noch einmal zurückkommen werde, entnehme ich die folgenden Analysen:

	1.	2.	3.	4.	5.
Steine und Kiesel . .	31,500	26,700			
Grober Sand . . .	32,200	32,800			
Feiner Sand und Thon	14,900	16,500			
Lösliche Kieselerde . .	3,440	4,400			
Kalk	5,050	5,800			
Eisenoxyd	3,550	4,180			
Lösliche Thonerde . .	1,280	1,010			
Kohlensäure . . .	3,840	5,050			
Schwefelsäure . . .	0,066	0,066			
Chlor	Spur	Spur			
Magnesia	0,018	0,034	0,033		
Kali	0,093	0,118	0,064	0,019	0,079
Natron	0,043	0,012	0,011	0,030	0,047
Phosphorsaurer Kalk .	0,027	0,032	0,035	0,066	0,013
Organische Substanz .	3,760	3,040	2,140	4,480	3,100
	99,767	99,742			

Nr. 1 war eine den übrigen Bodenarten in seiner äußeren physikalischen Beschaffenheit und in der Zusammensetzung hinsichtlich der Hauptbestandtheile ganz ähnliche Ackererde; Nr. 2 bis 5 waren alle von derselben Ackerfläche und in einer nur geringen Entfernung von einander aufgenommen; auf Nr. 2 war 10 Jahre hinter einander Gerste gebaut worden, ohne irgendwie Dünger dem Boden zuzuführen; Nr. 3 war 9 Jahre hinter einander mit Kartoffeln, Nr. 4 dagegen 10 Jahre lang mit Turnips bestellt gewesen, und Nr. 5 hatte 10 verschiedene Ernten getragen, ebenfalls ohne Dünger zu erhalten. Die hier analysirten

Bodenarten besitzen noch im höheren oder geringeren Grade eine verborgene oder gebundene befruchtende Kraft, die aus der Analyse selbst nicht deutlich wird, denn die mineralische Beschaffenheit der Steine, des groben und feinen Sandes ist nicht näher bezeichnet und also auch nicht zu ersehen, ob durch dieselben bei einer fortschreitenden Verwitterung neue pflanzenernährende Mineralstoffe geliefert werden konnten oder nicht. Es ist zu beachten, daß z. B. der Boden, welcher in 10 aufeinander folgenden Jahren sehr verschiedene Pflanzen getragen hatte, also in dem Zustande der größten Erschöpfung sich befinden mußte, dessen ungeachtet der Analyse zufolge noch bedeutende Mengen von Alkalien und Phosphorsäure enthielt, so daß die analytischen Resultate selbst jenen erschöpften Zustand nicht zu erkennen geben. Es folgt also, daß erstlich jene zurückgebliebenen Mineralsubstanzen in einem mehr gebundenen, weniger auflöslichen Zustand sich befunden haben müssen, als die bereits von den angebauten Gewächsen absorbirten, und dann zweitens, daß in einem fruchtbaren Ackerboden an auflöslichen Mineralstoffen ein gewisser Ueberschuß vorhanden sein muß. Die Richtigkeit beider Annahmen ergiebt sich aus dem ferner untersuchten Verhalten jener Bodenarten gegen eine bestimmte Quantität Wasser; während nämlich aus $^1/_2$ Kil. des vor Kurzem gedüngten Bodens durch 1 Liter Wasser 0,212 Grm. alkalischer, fast nur Kalisalze ausgezogen wurden, gab der Gerstenboden (Nr. 2) auf gleiche Art behandelt nur noch 0,0075, der Kartoffelboden (Nr. 3) 0,0044, der Turnipsboden (Nr. 4) 0,0075 und der abwechselnd mit verschiedenen Früchten angebaut gewesene Boden (Nr. 5) nur ungefähr 0,0013 Grm. an noch übrigen alkalischen Salzen, die bei weitem zum größten Theil aus Natronverbindungen bestanden und kaum bemerkbare Spuren noch von Kali enthielten. Ein ähnliches Verhalten zeigte sich hinsichtlich des phosphorsauren Kalkes; aus Nr. 1 wurden 0,0220, aus Nr. 2 nur 0,0094, aus Nr. 3 0,0078, aus Nr. 4 0,0094 und aus Nr. 5 endlich nur 0,0020 Grm. ausgezogen. Mit der hier nachgewiesenen Abnahme der auflöslichen mineralischen Nahrungsstoffe steht, unter übrigens völlig übereinstimmenden Verhältnissen, die gleichzeitig beobachtete Abnahme der Ertragsfähigkeit des Bodens, in einem direkten Verhältnisse.

Auf Veranlassung des preußischen Landes-Oekonomiekollegiums sind in neuerer Zeit eine große Anzahl von Boden- und Aschenanalysen ausgeführt worden; aus der Menge der ersteren theile ich hier nur beispielsweise die folgenden mit, von denen Nr. 1 bis 4 von Ram- Fruchtbare Bodenarten Deutschlands.

melsberg, Nr. 5 von Krocker und Nr. 6 von Marchand herrühren.

Organische Substanzen.	1. Wollup.	2. Beesdau.	3. Jurgaitschen.	4. Neuhof.	5. Turwe.	6. Cartlow.
Kohlenstoff .	1,810	0,811	1,03	0,48	1,290	0,979
Stickstoff .	0,200	0,108	0,24	0,13	0,173	0,106
Wasserstoff, Sauerstoff	7,120	2,518	5,44	3,76	2,187	1,915
In verdünnter Salzsäure lösliche Substanzen:						
Chlor . .	0,003	0,003	Spur	0,003	0,005	0,003
Kohlensäure	0,063	Spur	0,08	0,04	2,328	0,086
Schwefelsäure	0,002	0,004	0,004	0,007	0,022	0,030
Phosphorsäure	0,009	0,007	0,026	0,09	0,014	0,007
Kieselsäure	⸗	⸗	⸗	⸗	0,196	0,450
Eisenoxyd	2,229	1,149	0,09	1,37	0,794	1,210
Manganoxyd			⸗		⸗	0,001
Thonerde .	0,478	0,369	0,46	0,64	1,040	1,488
Kalkerde .	0,595	0,325	0,36	0,42	3,169	0,099
Magnesia .	0,085	0,057	0,09	0,15	0,043	0,047
Kali . .	0,027	0,060	0,06	0,08	0,113	0,203
Natron .	0,006	Spur		⸗	0,006	0,090
In Salzsäure unlösliche Substanzen.						
Kieselsäure	63,642	87,581	81,42	83,69	85,810	85,997
Eisenoxyd .	5,697	1,092	1,39	1,34	0,490	1,739
Manganoxyd	⸗	⸗	⸗	⸗	⸗	Spur
Kalkerde .	0,940	0,390	1,27	0,83	0,222	0,447
Magnesia .	2,234	1,078	1,49	1,19	⸗	0,361
Thonerde .	10,948	2,671	3,21	3,28	1,403	3,319
Kali . .	2,645	0,732	1,92	1,78	0,088	1,104
Natron .	1,267	1,045	0,61	0,72	0,276	0,083
	100,000	100,000	100,00	100,00	100,000	100,000

Die hier angeführten, sowie noch andere ähnlich zusammengesetzte Bodenarten aus den verschiedensten Theilen des preußischen Staates

waren sämmtlich einer und derselben Behandlung unterworfen worden in der Art, daß sie im Jahr, bevor die der Untersuchung unterworfenen Proben eingesammelt wurden, mit Rindviehmist gedüngt worden waren und Kartoffeln getragen hatten. Die sämmtlichen hier angeführten Bodenarten gehörten den bessern Classen an, wie schon daraus hervorgeht, daß sie zu Culturversuchen mit Raps und im folgenden Jahre mit Weizen verwendet wurden. Es ist sehr zu bedauern, daß außer der chemischen Untersuchung jener Bodenarten nicht auch genaue Bestimmungen über die physikalischen Eigenschaften gemacht und Beobachtungen über klimatische und Witterungsverhältnisse während der Dauer der Culturversuche angestellt worden sind, daß ferner keine Mittheilungen über die mechanische Bestellung des Bodens und über die Quantität des aufgebrachten Düngers, ja nicht einmal, so viel mir bekannt ist, genaue Angaben über die Erträge der Raps- und Weizenernten in Stroh und Körnern vorliegen. Schon aus diesem Grunde konnten die zahlreichen Analysen, welche hinsichtlich der Aschenbestandtheile der auf diesen Bodenarten gewachsenen vegetabilischen Substanzen ausgeführt worden sind, unmöglich zu wissenschaftlich oder praktisch brauchbaren Resultaten führen. Wenn wir nun auch nicht über die relative und absolute Fruchtbarkeit der in Rede stehenden Bodenarten ein sicheres Urtheil zu fällen im Stande sind, so können wir doch aus den obigen Analysen einige Folgerungen ziehen, welche ein allgemeineres Interesse darbieten möchten. Zunächst bemerkt man unter den in verdünnter Salzsäure auflöslichen Stoffen alle diejenigen Mineralkörper in hinreichender Menge, welche zum Gedeihen der Pflanze erforderlich sind und außerdem, daß sämmtliche Bodenarten verhältnißmäßig sehr reich sind an chemisch gebundenem Stickstoff, dessen Quantität hier so bedeutend ist, daß dieselbe zu der Menge des in den organischen humusartigen Stoffen enthaltenen Kohlenstoffes im Mittel sich verhält wie 1 : 7, während dieses Verhältniß gewöhnlich wie 1 : 12 oder noch ungünstiger für den Stickstoff gefunden wird. Es ist also wohl anzunehmen, daß diese Bodenarten unter günstigen Witterungsverhältnissen einen hohen Grad der Fruchtbarkeit entwickeln mußten. Besonders bemerkenswerth ist das quantitative Verhalten des Humus, der Alkalien, der Thonerde und des Kalkes; man findet nämlich hinsichtlich dieser Stoffe eine gewisse gegenseitige Abhängigkeit in den Mengenverhältnissen. Nr. 1 ist die einzige der hier untersuchten Bodenarten, welche reich an Thon und deswegen wahrscheinlich ziemlich bindiger Natur ist; hier sieht man auch bei weitem die

Allgemeine Folgerungen aus diesen Analysen.

größte Menge an Humus auftreten, während bei den übrigen sowohl der Thon- wie der Humusgehalt bedeutend geringer ist und im Ganzen sich ziemlich gleich bleibt. Die Zunahme oder die Verminderung der Alkalimenge gleichzeitig mit dem Thongehalte macht sich besonders unter den in Säuren unlöslichen Theilen geltend, wie man namentlich in der Analyse Nr. 5 bemerkt; hier ist indessen außer dem sehr niedrigen Thongehalte noch eine andere Ursache des geringen Alkaligehaltes vorhanden und diese liegt in der Gegenwart einer weit bedeutenderen Menge fein vertheilten kohlensauren Kalkes, als man bei den übrigen hier untersuchten Bodenarten bemerkt. Der den übrigen Bestandtheilen innig beigemischte Kalk nämlich wirkt sowohl chemisch wie physikalisch auf die Lösung der im Boden gebundenen Alkalien und wie es scheint ebenso auf die Kieselsäure; unter den in verdünnten Säuren auflöslichen Mineralstoffen ist in Nr. 5 eine verhältnißmäßig große Menge an Kali und auch an Kieselsäure und Thonerde gefunden worden, während das erstere unter den unlöslichen Verbindungen an Menge sehr abgenommen hat. Es ist indessen aus leicht begreiflichen Ursachen keineswegs immer der Fall, daß unter den in Säuren auflöslichen Bodenbestandtheilen mit der Menge der Kalkerde auch die der Alkalien zunimmt; im Gegentheil ist es eine allgemein bekannte Thatsache, daß der reine Kalkboden gerade an Alkalien in der Regel großen Mangel leidet. Es kann hier natürlich nur eine Vergleichung stattfinden zwischen Bodenarten, welche einen fast gleichen Thon- oder Lehmgehalt besitzen und überhaupt in allen übrigen Bestandtheilen außer dem Kalke eine große Uebereinstimmung zeigen und deren Kalkgehalt auch nur wenige Procente beträgt. Selbst unter den hier angedeuteten Voraussetzungen findet man wiederum Ausnahmen, welche wohl vorzugsweise durch eine eigenthümliche physikalische Beschaffenheit des Bodens bedingt sind. Es giebt nämlich Bodenarten, welche ungeachtet eines oft nicht unbedeutenden Gehaltes an Thonerde und ohne daß die Menge des Kalkes einigermaßen beträchtlich wäre, dennoch einen hohen Grad von Lockerheit besitzen und die Alkalien unter einem schnellen Verlaufe des Verwitterungsprozesses leicht in den auflöslichen Zustand übergehen lassen. Von solcher Beschaffenheit scheint die mit Nr. 6 bezeichnete Bodenart zu sein, indem hier gerade die relativ größte Menge an Alkalien nicht allein, sondern auch an Kieselsäure und Thonerde von der Säure aufgelöst worden ist, obgleich der Gehalt an Kalkerde nur überaus gering war.

Als Beispiel der Zusammensetzung eines fruchtbaren Kalkbodens führe ich hier eine von Polstorff mitgetheilte Analyse an: Bestandtheile eines fruchtbaren Kalkbodens.

1. In Wasser auflösliche Bestandtheile der Ackererde .	0,187	Proc.
2. In Salzsäure auflösliche Bestandtheile der Ackererde	51,400	"
3. Unlöslicher Rückstand	48,413	"
	100,000	

Die Gesammtmenge der organischen Materie betrug 5,844 Proc.; von den 0,187 Proc. der in Wasser auflöslichen Stoffe bestanden 0,056 Proc. aus auflöslichem Humus. Die in den Auszügen und im Rückstande gefundenen mineralischen Bestandtheile sind wiederum für sich auf 100 Theile berechnet und in dieser Berechnung hier zusammengestellt worden, so daß also Nr. 1 auf die in Wasser auflöslichen, Nr. 2 auf die in Salzsäure auflöslichen und Nr. 3 auf die in beiden Mitteln unlöslichen Bestandtheile sich bezieht:

	1.	2.	3.
Kohlensäure .	32,80	35,40	"
Kieselsäure .	5,08	3,20	84,67
Chlor . . .	0,15	"	"
Schwefelsäure .	7,68	0,24	"
Phosphorsäure }	1,08	0,80	"
Eisenoxyd }		3,20	3,14
Thonerde . .	"	3,32	8,03
Eisenoxydul .	"	0,18	"
Kalk . . .	36,72	51,96	0,62
Magnesia . .	1,55	0,70	0,23
Natron . .	6,80	0,76	1,72
Kali . . .	8,64	0,50	1,36
	100,50	100,26	99,77

Zur Vergleichung mag die von Anderson ausgeführte Analyse eines sauren, durchaus unfruchtbaren Bodens dienen, welcher aus einer Vertiefung eines sandigen Feldes genommen worden war, und auf dessen Beschaffenheit die Anlegung von Unterdrains und selbst die Anwendung von Kalk eine nur unbedeutende Wirkung zur Erhöhung der Fruchtbarkeit zeigte, so daß hier offenbar in dem Mangel an gewissen pflanzenernährenden Stoffen die Hauptursache der völligen Unfruchtbarkeit dieses Bodens liegen mußte. Es zeigte sich nämlich diese Unfruchtbarkeit z. B. Bestandtheile eines ganz unfruchtbaren Bodens.

bei der Cultur des Hafers, welcher überall ganz gleichmäßig aufkam; die Pflanzen wurden aber 4 bis 6 Wochen nach dem Aufgehen der Saat in dieser Vertiefung gelb und kränklich und starben allmählig völlig ab, ohne zur Reife zu gelangen. Jedoch trat auch kein Schilf und überhaupt saures Gras hervor, sondern die betreffende Stelle blieb nach dem Absterben des Hafers völlig kahl und frei von jeglicher Vegetation. Die Analyse zeigte folgende Zusammensetzung der Ackerkrume:

Wasser	2,391	
Unlösliche organische Substanz	2,299	
		4,690
In Säuren auflösliche Stoffe:		
Organische Substanz, auflöslich in Säure	5,713	
Phosphorsäure	Spur	
Auflösliche Kieselsäure	0,173	
Eisenoxyd	6,775	
Thonerde	1,150	
Mangan	Spur	
Kohlensaurer Kalk	0,856	
Magnesia	0,099	
Kali	0,132	
Natron	0,123	
Chlornatrium	Spur	
		15,021
In Säuren unlösliche Stoffe:		
Kieselsäure	73,096	
Eisenoxyd	1,371	
Thonerde	4,263	
Kalk	0,858	
Magnesia	0,520	
		80,108
		99,819

Zunächst bemerkt man eine besonders große Menge von Eisenoxyd, welches, wenn es durch die Verbindung mit Humussäure in einem kalkarmen Boden in den auflöslichen Zustand übergeführt worden ist, dem Gedeihen aller Culturpflanzen sehr nachtheilig wirkt. Die Unterdrains waren 1 bis 2 Monate nach ihrer Anlegung fast ganz mit hu-

mussaurem Eisen angefüllt. Wenn aber die Gegenwart dieser Eisenverbindung die einzige Ursache der beobachteten Unfruchtbarkeit gewesen wäre, so hätte diese eben durch die Unterdrains und besonders auch durch die Anwendung einer starken Kalkdüngung beseitigt werden müssen, welches jedoch nicht der Fall war. Es war aber in diesem Boden keine Spur von Schwefelsäure bei der Prüfung nachzuweisen und außerdem eine kaum bemerkbare Menge an Phosphorsäure vorhanden, und es mußte daher jedenfalls der Mangel an diesen wichtigen pflanzenernährenden Stoffen die Ursache sein, daß auf diesem Boden nicht einmal Sumpf- und Moorgewächse und also noch viel weniger unsere gewöhnlichen Culturpflanzen zur Entwicklung gelangen konnten. Sehr wesentlich zur Beurtheilung dieses Bodens endlich ist auch die gänzliche Abwesenheit von Alkalien unter den in Säuren unlöslichen Bestandtheilen, woraus hervorgeht, daß hier selbst der Verwitterungsprozeß keine lösende Kraft mehr besaß und nicht im Stande war den Pflanzen neue Kalinahrung zuzuführen, welches überall in jedem fruchtbaren Ackerboden geschieht und auch nothwendige Bedingung ist, wenn der letztere unter der gewöhnlichen Behandlung noch lohnende Ernten liefern soll.

Ich darf dieses Capitel nicht schließen, ohne einer sehr gründlichen und umfassenden Untersuchung zu gedenken, welche wir demselben englischen Agriculturchemiker, nämlich Anderson, verdanken und die umsomehr Erwähnung verdient, weil sie, meiner Meinung nach, uns den Weg besonders klar vorzeichnet, auf welchem man in Zukunft zur Beurtheilung des Bodens für Wissenschaft und Praxis brauchbare Resultate erhalten wird. Wünschenswerth freilich wäre auch hier gewesen, daß diese Untersuchung nicht allein auf die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung sich beschränkt hätte, sondern gleichzeitig auch auf eine genaue Feststellung der physikalischen Eigenschaften der betreffenden Bodenarten ausgedehnt worden wäre. Die Untersuchung bezieht sich auf die besten Bodenarten aus den verschiedenen Gegenden Schottlands, aus den großen Weizendistricten dieses Landes, und wurde in der Absicht unternommen, um vielleicht zur wissenschaftlichen Beurtheilung des fruchtbaren Bodens überhaupt brauchbare Beiträge zu liefern. Wegen der Sorgfalt, welche überall bei dieser mühevollen Arbeit beobachtet zu sein scheint und weil dieselbe bisher noch einzig in ihrer Art dasteht, glaube ich hier etwas ausführlicher auf die Mittheilung der erhaltenen Resultate eingehen zu müssen.

Bestandtheile der Weizenböden Schottlands.

Für die Analyse wurde eine gute Probe von der oberen Schicht bis zur Tiefe von 10 Zoll als Ackerkrume und eine andere von den unmittelbar folgenden 10 Zoll der Erde als Untergrund ausgehoben.

	1. Mid-Lothian.		2. East-Lothian.		3. Renfrewshire.	
	Boden.	Untergr.	Boden.	Untergr.	Boden.	Untergr.
In Wasser auflösliche Stoffe.						
Kieselsäure . . .	0,0149	0,0104	0,0257	0,0226	0,0221	0,0020
Kalk	0,0300	0,0072	0,0363	0,0309	0,0475	0,0322
Magnesia . . .	0,0097	0,0016	0,0048	0,0039	„	0,0460
Chlorcalcium . .	„	„	„	„	0,0205	„
Chlormagnesium .	„	„	„	„	0,0061	„
Kali	0,0034	0,0037	„	„	„	„
Natron	0,0065	0,0049	0,0035	0,0021	„	0,0740
Chlorkalium . .	„	„	0,0064	0,0047	0,0003	0,0012
Chlornatrium . .	„	„	0,0062	0,0079	0,0015	0,0205
Schwefelsäure . .	0,0193	0,0124	0,0146	0,0162	0,0309	0,0178
Chlor	Spur	Spur	„	„	„	„
Organische Substanz	0,1481	0,2228	0,1461	0,1524	0,2084	0,0602
	0,2319	0,2630	0,2436	0,2407	0,3373	0,2107
In Säuren auflösliche Stoffe.						
Kieselsäure . . .	0,1490	0,0680	0,0960	0,0930	0,0838	0,1192
Eisenoxyd . . .	5,1730	3,4820	3,7810	3,5070	3,4676	3,9796
Thonerde . . .	2,1540	1,8130	2,6240	2,0990	1,6104	2,1619
Kalk	0,4470	0,3810	0,6290	0,3490	1,0771	0,4208
Magnesia . . .	0,4120	0,2850	0,3590	0,5010	0,1262	0,6174
Kali	0,0630	0,1650	0,1560	0,1510	0,0469	0,1108
Natron	0,0050	0,0560	Spur	0,0290	0,0920	„
Schwefelsäure . .	0,0250	0,0850	0,0860	0,0440	0,0039	0,0162
Phosphorsäure . .	0,4300	0,1970	0,1460	0,1640	0,0749	0,0661
	8,8600	6,5320	8,0770	6,9779	6,5828	7,4920
In Säuren unlösliche Stoffe.						
Kieselsäure . . .	71,3890	82,5090	74,2710	73,5260	74,4890	75,7751
Thonerde . . .	4,7810	3,5120	2,9200	7,2840	7,2540	6,6806
Eisenoxyd . . .	Spur	Spur	0,9370	1,4160	1,4167	1,5362
Kalk	0,7520	0,5500	0,7260	0,3390	0,3150	0,7793
Magnesia . . .	0,6610	0,5500	0,1830	0,3440	0,4043	0,1948
Kali	0,2860	„	1,4500	„	„	} 1,2457
Natron	0,4220	„	0,6720	„	„	
	78,2910	87,1210	81,1590	82,9090	83,8790	86,2117

Organische Substanzen:						
Unlösliche organische Substanz . . .	8,8777	4,2370	5,2190	4,9130	6,1209	4,2948
Humin	0,8850	0,3450	0,1730	⸗	⸗	⸗
Humussäure . .	0,1340	0,0310	0,7120	0,7300	0,8924	0,3382
Quellsatzsäure . .	0,1533	⸗	0,0770	0,0600	0,1280	⸗
Quellsäure . . .	⸗	⸗	⸗	⸗	0,0128	⸗
Wasser	2,6840	1,7670	4,4260	4,2810	2,0930	1,6111
	12,7340	6,3800	10,6070	9,9840	9,2471	6,2441
Summe aller Bestandtheile	100,1169	100,2960	100,0866	100,0707	99,9462	100,1585
In 100 Theilen des Bodens sind enthalten:						
Kohlenstoff . . .	4,510	1,3060	1,9810	1,5630	3,1400	1,2297
Wasserstoff . . .	0,550	0,3324	0,3490	0,1230	0,4200	0,3146
Stickstoff	0,220	0,0973	0,1300	0,1500	0,1428	
Sauerstoff . . .	4,918	3,1001	3,8670	3,8670	3,5060	
	10,198	4,8358	6,3270	5,7030	7,2088	

	4. Perthshire.		5. Morayshire.		6. Morayshire.	
	Boden.	Untergr.	Boden.	Untergr.	Boden.	Untergr.
In Wasser auflösliche Stoffe.						
Kieselsäure . . .	0,0072	0,0461	0,0085	0,0445	0,0105	0,0105
Kalk	0,0184	0,0306	0,0095	0,0103	0,0154	0,0204
Magnesia . . .	0,0040	0,0034	0,0107	0,0248	0,0047	0,0044
Chlormagnesium .	⸗	0,0033	⸗	⸗	⸗	⸗
Chlorkalium . .	0,0088	0,0080	⸗	⸗	⸗	⸗
Chlornatrium . .	0,0110	0,0166	⸗	⸗	⸗	⸗
Kali	⸗	⸗	0,0042	0,0274	0,0122	0,0030
Natron	⸗	⸗	0,0005	0,0027	0,0043	0,0120
Schwefelsäure . .	0,0089	0,0239	0,0065	0,0306	0,0151	0,0114
Chlor	⸗	⸗	Spur	Spur	0,0060	0,0008
Organische Substanz	0,0608	0,1342	0,0286	0,2914	0,0990	0,1023
	0,1191	0,2711	0,0685	0,4517	0,1672	0,1648
In Säuren auflösliche Stoffe.						
Kieselsäure . . .	0,0482	0,1697	0,0865	0,1435	0,2105	0,0490
Eisenoxyd . . .	4,8700	4,6633	2,9840	5,5900	1,2600	1,5590
Thonerde . . .	2,6900	3,9070	2,1010	1,9600	0,5250	0,8720
Kalk	0,3616	0,5050	0,3755	0,4947	0,1226	0,1810
Magnesia . . .	0,3960	0,9420	0,4363	0,1952	0,1083	0,0380
Kali	0,3445	0,1670	0,2298	0,6646	0,1178	0,1310
Natron	0,1242	0,1920	0,1075	0,2403	0,0447	0,0210
Schwefelsäure . .	0,0911	0,0160	0,0185	0,0134	0,0259	0,0410
Phosphorsäure . .	0,2400	0,2680	0,0230	0,0420	0,0440	0,0140
Kohlensäure . . .	0,0500	⸗	⸗	⸗	0,1890	⸗
	9,2156	10,8300	6,3621	9,3437	2,6478	2,9060

In Säuren unlösliche Stoffe.						
Kieselsäure . . .	63,1400	61,4200	71,8300	61,2790	80,0390	
Thonerde . . .	11,3500	10,3400	9,0730	15,7110	5,4890	
Eisenoxyd . . .	„	1,5670	Spur	Spur	1,8610	nicht
Kalk	0,4500	0,7400	5,1500	5,8060	0,7910	bestimmt.
Magnesia . . .	0,6200	0,4450	0,7930	0,6440	0,4740	
Kali	2,4500	2,0030	0,1800	0,1540	2,3100	
Natron	1,3100	0,8440	0,1080	0,1350	1,2860	
	79,3200	77,3590	87,1340	83,7290	92,2500	93,5150
Organische Substanzen:						
Unlösliche organische Substanz . . .	7,7400	6,2910	4,1094	3,2846	1,9870	
Humin	0,0700	0,0840	0,1320	0,0670	0,4820	
Humussäure . .	0,6800	0,3600	0,2140	0,1030	0,1080	1,7220
Quellsatzsäure . .	„	0,0920	0,0580	0,0180	„	
Quellsäure . . .	„	„	0,0040	0,0020	0,8000	
Wasser	2,7000	4,5750	2,0140	2,9870	1,6090	1,6140
	11,1900	11,4020	6,5314	6,4616	4,9860	3,3360
Summe aller Bestandtheile .	99,8447	99,8621	100,0960	99,9860	100,0510	99,9218

In 100 Theilen des Bodens sind enthalten.						
Kohlenstoff	2,55	2,03	0,714	0,390	1,455	
Wasserstoff . . .	0,71	0,53	0,239	0,280	0,189	nicht
Stickstoff	0,21	0,17	0,074	0,048	0,092	bestimmt.
Sauerstoff . . .	5,08	4,09	3,519	3,048	1,740	
	8,55	6,82	4,546	3,766	3,471	

Bemerkungen zu diesen Bodenarten.

Diesen Analysen sind folgende Notizen über Lage, Beschaffenheit, Behandlung und Ernteerträge der untersuchten Bodenarten beigefügt worden.

1. Mid-Lothian. Das Feld lag kaum 1 Meile von Edinburgh, an der südlichen Seite des Corstorphine-Hill, welcher gänzlich aus Trappgesteinen besteht, von deren Verwitterungsproducten der Boden wahrscheinlich gebildet worden ist. Das Feld war fast eben, mit einer geringen Neigung gegen Süden; im J. 1847 wurde es mit Abzügen versehen (drainirt). Es befindet sich seit undenklichen Zeiten in Cultur und wird seit den letzten 15 Jahren nach dem 4jährigen Fruchtwechsel bewirthschaftet. Der Boden ist gekalkt worden, Zeit und Menge sind aber unbekannt. Der Dünger wird gewöhnlich zu den grünen Früchten (Turnips ꝛc.) verwendet und besteht aus Stalldünger und Stadtdünger von den Straßen Edinburgh's. Die Hafererernte

im J. 1847 und die Heuernte 1846 waren nur gering ausgefallen; im Herbst 1847 war sehr stark gedüngt worden, nämlich ungefähr 100,000 Kil. Pferde- und Kuhmist auf die Fläche eines Hectare, und im Frühjahr 1848 Kartoffeln gelegt. Der Klee gedeiht auf diesem Boden gut. Der Boden lagert auf dem Sandstein der Kohlenformation, deren Glieder in einer Entfernung von $^1/_4$ Meile zu Tage ausgehen. Die Kartoffeln waren geerntet, ehe der Boden zur Analyse aufgenommen wurde und der Weizen war schon gesäet.

2. East-Lothian. Das Feld lag $^1/_4$ Stunde von Dunbar, war fast völlig eben und nicht drainirt, da es von Natur trocken genug war. Es befand sich seit undenklicher Zeit in Cultur und war seit 25 Jahren in 6jähriger Rotation bewirthschaftet; das Gras wurde gewöhnlich zu Heu gemäht, nicht abgeweidet; der Dünger in der Regel zu Turnips und Bohnen aufgebracht und sowohl Hofdünger als Straßendünger von Dunbar angewendet. Im Herbste 1848 wurden von dem Straßendünger 50,000 Kil. pr. Hectare auf die Weizenstoppel ausgestreut. Die Fruchtfolge war: Turnips, Gras, Hafer, Bohnen, Weizen; es waren in der letzten Rotation an Körnern geerntet worden pr. Hectare an Weizen 2400 Kil. und an Hafer 3200 Kil.

3. Renfrewshire. Das Feld hatte eine südliche Lage, war reichlich 1 Stunde von Paisley entfernt, 7 Jahre vorher drainirt; es befand sich seit undenklicher Zeit unter dem Pfluge, aber erst seit 8 Jahren in der gegenwärtigen 4jährigen Rotation. Vor 7 Jahren war es mit einem Compost von Kalk (pr. Hectare etwa 6000 Kil.), Asche und Erde überdüngt worden. Der Dünger wird gewöhnlich zur Hackfrucht verwendet, vom Pferde- und Kuhdünger 100,000 Kil. pr. Hectare. Die Erträge der letzten Rotation waren: Hafer 2500 Kil., Kartoffeln 12,000 Kil., Weizen 2400 und Heu 5000 Kil. Der Klee gedeiht gut auf diesem Boden. Der Boden selbst ist ein productiver Thon und hat die Eigenschaften der Diluvialablagerungen. Das Diluvium ist untermischt mit Geschieben von primären und secundären Gesteinen, welche in nordöstlicher Richtung hergeführt zu sein scheinen. Die Kartoffeln waren geerntet, bevor der Boden zur Analyse aufgenommen wurde.

4. Perthshire. Das Feld liegt am nördlichen Ufer des Tay, dicht an demselben und reichlich 2 Stunden von der Stadt of Perth; es hat eine südliche Lage und ist gegen Norden durch eine Hügelreihe geschützt. Vor 7 Jahren drainirt; seit sehr langer Zeit in Cultur; wahr-

scheinlich nie gekalkt, aber vor ungefähr 40 Jahren mit Muscheln überstreut. Der Stalldünger zu Kartoffeln und Turnips angewendet, etwa 50,000 Kil. pr. Hectare. Gegenwärtig in 7 jähriger Rotation bewirthschaftet, welche das letzte Mal folgende Erträge lieferte: Kartoffeln 20,000 Kil., Weizen 3300, Turnips 57,500, Weizen 2400, Gerste 2300, Heu 6250 und Weizen 2400 Kil. Der Klee gedeiht gut; der Boden lagert auf altem rothen Sandstein, auf welchem zunächst eine Schicht von rothem Thon liegt, welcher oft Fragmente des unterliegenden Felsens enthält. Der vorherrschende Boden dieses Districtes ist ein Marschthon, ein Alluvialboden; die Hügel der Umgebung bestehen hauptsächlich aus Trappgesteinen, deren Verwitterungsproducte, wenigstens großentheils das Material zu den Niederungsablagerungen geliefert haben.

5. Morayshire. Das Feld liegt $2^1/_2$ Stunden von Elgin, 1 Stunde von der See entfernt, aber von der letzteren durch höheres Land getrennt; es ist fast eben, nie drainirt und gekalkt und wohl kaum je mit Compost behandelt worden. Es ist seit undenklicher Zeit in Cultur und wird gegenwärtig in folgender Fruchtfolge bewirthschaftet: Brache, Weizen, Gras, Hafer, Bohnen oder Erbsen, Hafer oder Weizen. Der Stalldünger wird immer zu Weizen nach der Brache angewendet und gewöhnlich auch zu Bohnen. In der letzten Rotation wurden geerntet: 2400 bis 3000 Kil. Weizen, 2500 Kil. Hafer und etwa 2000 Kil. Bohnen. Der rothe Klee gedeiht auf diesem Boden sehr gut. Die Gesteine in der Nähe sind Sand- und Kalkstein, der Untergrund ein strenger Thon bis zu einer beträchtlichen Tiefe. Weizen war nach Bohnen gewachsen, bevor der Boden für die Analyse aufgenommen wurde.

6. Morayshire. Von derselben Localität, aber leichter als der vorige Boden, nie gekalkt oder drainirt und giebt, wenn er gebracht und gedüngt wird, ausgezeichnete Ernten von Weizen und reichlichen rothen Klee.

Allgemeine Folgerungen aus den Analysen.

Vergleicht man hinsichtlich der Mengenverhältnisse der einzelnen Bestandtheile die hier angeführten Weizenböden Schottlands mit denen Deutschlands, deren Zusammensetzung ich vorher mitgetheilt habe, so bemerkt man hier wie dort einen Reichthum an sämmtlichen zur Pflanzenernährung nothwendigen und auflöslichen Stoffen, nur in Betreff der organischen humusartigen Körper macht sich ein wesentlicher Unterschied bemerkbar. Es ist nämlich der Weizenboden Schottlands, wie es scheint, meistens beträchtlich reicher an Humus als der Boden, welcher bei uns gewöhnlich zu der Cultur des Weizens verwendet wird, der erstere aber enthält

verhältnißmäßig auffallend weniger chemisch gebundenen Stickstoff als der letztere; während in diesem das Verhältniß des Kohlenstoffes der Ackerkrume zum Stickstoff wie 7 zu 1 war, ist in jenem dasselbe Verhältniß im Durchschnitt von ebenfalls 6 Analysen wie 16,5 zu 1. Die Ursache dieser Erscheinung, wenn sie wirklich als eine allgemein auftretende zu betrachten ist, müßte in den verschiedenen klimatischen Verhältnissen beider Länder zu suchen sein. Diese sind offenbar von großer Bedeutung für die Beurtheilung der Güte und Fruchtbarkeit einer Bodenart, es ist sehr leicht möglich, daß in Schottland z. B. ein Boden zu der Cultur des Weizens noch sehr geeignet ist, welcher in vielen Gegenden Deutschlands bei dem Anbau dieser Pflanze nicht mehr lohnende Erträge liefert. Dieses hindert uns aber nicht in einem deutschen und zunächst für Deutschland bestimmten Werke auch auf Beobachtungen und Untersuchungen Rücksicht zu nehmen, welche in einem anderen Lande gemacht worden sind; denn bekanntlich sind die klimatischen Zustände in einzelnen Gegenden Deutschlands selbst so abweichend, daß diese Abweichungen wohl oft kaum übertroffen werden von denjenigen, welche man im Allgemeinen beobachtet zwischen dem Klima Schottlands und Deutschlands und ohne Zweifel giebt es gewisse allgemeine Verhältnisse in der Zusammensetzung und den Eigenschaften der Bodenarten, Verhältnisse, welche dem Wachsthum dieser oder jener Pflanze ganz besonders zusagen, und deren Erforschung und Feststellung in dem einen Lande ebensogut vorgenommen werden kann als in dem anderen. Die im Obigen mitgetheilten Analysen von deutschen und schottischen Weizenböden zeigen allerdings hinsichtlich der allgemeinen Zusammensetzung wie hinsichtlich der vorhandenen Mengen einzelner Bestandtheile eine gewisse Uebereinstimmung oder doch ein ähnliches Verhalten, auf dessen nähere Erörterung jedoch hier nicht eingegangen werden kann, weil noch nicht eine hinreichende Anzahl von genauen Bodenanalysen vorliegen, um zur Beurtheilung ganzer Classen von Bodenarten allgemeine Gesichtspunkte aufstellen zu können. Ich beschränke mich vielmehr darauf, aus den obigen Analysen mit Anderson folgende Schlüsse zu ziehen. Hinsichtlich der in Wasser und Säuren löslichen Stoffe besteht eine gewisse Aehnlichkeit bei allen hier untersuchten Bodenarten Schottlands; so haben wir z. B. 0,5 bis 1 Proc. Kalk, ungefähr 0,2 Proc. Phosphorsäure und etwas weniger Alkali, welches letztere beträchtlicher Schwankung unterworfen ist. Ferner ergiebt sich, daß diese Stoffe verhältnißmäßig einen geringen Theil des Bodens ausmachen, dessen größerer

Theil in Säuren unlöslich ist. Hinsichtlich der letzteren Bestandtheile herrschen große Verschiedenheiten, nach welchen im Allgemeinen zwei große Classen von Weizen-Bodenarten sich aufstellen lassen: solche, welche charakterisirt sind durch eine große Menge Alkalien und solche, wo diese Substanzen fast oder gänzlich fehlen. Die Theorie spricht den kalireicheren Bodenarten den Vorzug zu, welchen die Praxis schon längst festgestellt hat; die Bodenarten des Diluvialbodens von Pertshire und East-Lothian übertreffen bei weitem alle anderen Weizenböden Schottlands an Fruchtbarkeit. Vorzugsweise der Gegenwart einer ausnehmend großen Menge an auflöslichem oder doch leicht in den auflöslichen Zustand übergehendem Kali ist es zuzuschreiben, daß einzelne Bodenarten Jahrhunderte lang lohnende Erträge liefern, ohne daß die entzogene Kraft von Außen her durch Dünger wieder zugeführt würde. Die aus kalireichen vulkanischen Gesteinen entstandene Ackerkrume bringt immer aufs Neue reiche Ernten hervor, wenn dessen Thätigkeit durch Ruhe oder Brache, unter dem lösenden Einfluß des Verwitterungsprozesses nur wieder angeregt wird. Die Fruchtbarkeit ist aber eine noch ungleich höhere, wenn außer dem Kali eine beträchtliche Quantität von fruchtbarem Humus, und dieser entsprechend ein lange aushaltender Reichthum an assimilirbarem Stickstoff vorhanden ist; die russische Schwarzerde oder das Tschornasem, die nie gedüngten Tabaksböden Ungarns und Nordamerikas verdanken ihre fast unerschöpfliche pflanzenernährende Kraft vor Allem ihrem großen Gehalte an Kali und an stickstoffhaltigem Humus.

B. Die physikalischen Eigenschaften der Ackerkrume.

Bedeutung für die Beurtheilung der Ackerkrume.

Einen überaus wichtigen Theil der Bodenkunde bildet die Lehre von den physikalischen Eigenschaften der Ackerkrume. Diese Eigenschaften wirken, je nach ihrer Beschaffenheit, im hohen Grade hindernd oder fördernd auf das Wachsthum der Pflanzen ein, und nach diesen grade allein bestimmt der praktische Landwirth den Werth und die Güte des Bodens, da es ihm nicht darauf ankommt zu erfahren, wie viele nährende Stoffe augenblicklich in demselben grade vorhanden sind; denn dieses lehrt ihn seine Erfahrung, indem er in regelmäßiger Folge nach einer bestimmten Reihe von Jahren die erschöpfte Kraft durch neuen Dünger zu ersetzen weiß. Für den Praktiker ist die äußere Beschaffenheit der Ackerkrume von höherer Bedeutung, ob dieselbe locker ist und an der Luft leicht zerfällt,

den gehörigen Grad der Consistenz besitzt, ohne den Ackerwerkzeugen einen zu großen Widerstand entgegenzusetzen, ganz besonders aber ob sie die aufgenommene Feuchtigkeit in dem nöthigen Grade zurückzuhalten im Stande ist, ohne zu naß und kalt zu werden. Während aber der Praktiker durch mechanische Handgriffe, wie durch das Verhalten beim Zusammendrücken im trocknen und nassen Zustande, unter Berücksichtigung der Farbe, des Pulvers, der Tiefe der Ackerkrume, der Beschaffenheit des Untergrundes, der Lage, der allgemeinen klimatischen Verhältnisse rc., geleitet durch einen durch die Erfahrung geübten Blick, oft mit großer Sicherheit die Güte des Bodens bestimmt, ist es die Aufgabe der Wissenschaft, das Verhalten der physikalischen Eigenschaften in den verschiedenen Bodenarten zur klareren Anschauung zu bringen und in ganz genau bestimmte Zahlenverhältnisse zusammenzufassen. Hierher gehörige Untersuchungen und genaue Bestimmungen sind bereits vor 30 Jahren von Schübler ausgeführt worden, und zwar in solchem Umfange und mit solcher Sorgfalt, daß seit jener Zeit Niemand es für nöthig erachtet hat, dieselben zu wiederholen oder noch weiter auszudehnen. Ich habe in diesem Werke überall auf die hohe Bedeutung hingewiesen, welche der physikalischen Beschaffenheit der Ackerkrume für die Beurtheilung der Güte des Bodens, der Wirkung eines Düngemittels, und überhaupt des Wachsthums der Pflanzen zuerkannt werden muß; und ich bedaure, daß in diesem Capitel, wo von der physikalischen Beschaffenheit des Bodens die Rede sein wird, einzig und allein auf die Untersuchungen Schübler's Rücksicht genommen werden kann aus dem Grunde, weil durchaus keine weiteren Forschungen auf diesem Felde angestellt worden sind. Ich bezweifle keineswegs die Richtigkeit und Genauigkeit der Bestimmungen Schüblers, es würden dieselben aber eine für Praxis und Wissenschaft noch weit höhere Bedeutung gewinnen, wenn sie aufs Neue geprüft, bestätigt und namentlich auf eine noch größere Anzahl von Bodenarten ausgedehnt werden würden. Auch hier wird dem Verlangen der Wissenschaft Folge geleistet und in Zukunft hoffentlich keine Bodenanalyse ausgeführt werden, ohne zugleich auf eine genaue Feststellung der physikalischen Eigenschaften des untersuchten Bodens Rücksicht zu nehmen.

Schübler's Untersuchungen.

Ich stelle hier die Resultate der Schübler'schen Untersuchungen in folgenden Tabellen übersichtlich zusammen und füge denselben die Folgerungen bei, welche sich nach Schübler aus ihnen ergeben. Es beziehen sich diese Untersuchungen zunächst auf die Hauptbestandtheile der Ackererde im isolirten Zustande, nämlich auf Quarzsand, Kalksand

(gröbere Kalkkörner), fein zertheilte kohlensaure Kalkerde, reinen Thon, Humus, fein pulverförmige Gipserde, außerdem auf einen lettenartigen Thon (ein Gemenge von 40 Proc. feinen Sandes mit 60 Proc. Thon), lehmartigen Thon (24 Proc. Sand und 76 Proc. Thon), klayartigen Thon (11 Proc. feinen Sand und 89 Proc. Thon), auf eine Gartenerde (bestehend aus 52,4 Proc. Thon, 36,5 Quarzsand, 1,8 Kalksand, 2 Proc. Kalkerde und 7,2 Humus), eine Ackererde von einem der Felder von Hofwyl (bestehend aus 51,1 Thon, 42,7 Quarzsand, 0,4 Kalksand, 2,3 Kalkerde und 3,4 Humus) und endlich auf eine Ackererde aus einem Thale des Jura (bestehend aus 64 Proc. Quarzsand, 33,3 Thon, 1,2 Kalksand, 1,2 Kalkerde und 1,2 Proc. Humus).

Erdarten.	Specifisches Gewicht. Wasser = 1.	Gewicht eines Liters der zusammengedrückten Erde.		Von 100 Th. Erde absorbirtes Wasser dem	
		trocken.	feucht.	Gewichte nach	Volumen nach
		Kilogr.	Kilogr.	Proc.	Proc.
Quarzsand . . .	2,753	2,044	2,494	25	37,9
Kalksand . . .	2,822	2,085	2,605	29	44,1
Lettenartiger Thon .	2,701	1,799	2,386	40	51,4
Lehmartiger Thon .	2,652	1,621	2,194	50	57,3
Klayartiger Thon .	2,603	—	—	61	62,9
Thon	2,591	1,376	2,126	70	66,2
Kalkerde . . .	2,468	1,006	1,728	85	66,1
Humus	1,225	0,632	1,428	190	69,2
Gips	2,358	1,676	2,350	27	38,2
Gartenerde . . .	2,332	1,499	1,744	96	—
Ackererde v. Hofwyl	2,401	1,537	2,180	52	—
Ackererde vom Jura	2,526	1,731	2,126	47	—

Erdarten.	Festigkeit und Consistenz des Bodens				Von 100 Th. Wasser der Erde verdunsteten in 4 Stunden bei 18°, 75 C.	Volumensverminderung bei dem Austrocknen von 100 Th. feuchter Erde bei 18°, 75 C.
	im trocknen Zustande		im feuchten Zustande; vertikale Adhäsion an Ackerwerkzeugen für 1 □ Decim. (16 □ Z.) von			
	die des Thons = 100.	nach dem Gewichte.	Eisen.	Holz.		
	Proc.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Proc.	Proc.
Quarzsand . . .	0,0	0,00	0,17	0,19	88,4	0,0
Kalksand . . .	0,0	0,00	0,19	0,20	75,9	0,0
Lettenartiger Thon	57,3	6,37	0,35	0,40	52,0	6,0
Lehmartiger Thon .	68,8	7,64	0,48	0,52	45,7	8,9
Klayartiger Thon .	83,3	9,25	0,78	0,8[illegible]	34,9	11,4
Thon	100,0	11,10	1,12	1,32	31,3	18,3
Kalkerde . . .	5,0	0,55	0,65	0,71	28,0	5,0
Humus	8,7	0,97	0,40	0,42	20,5	20,0
Gips	7,3	0,81	0,49	0,53	71,7	0,0
Gartenerde . . .	7,6	0,84	0,29	0,34	24,5	14,9
Ackererde v. Hofwyl	33,0	3,66	0,26	0,28	32,0	12,0
Ackererde v. Jura .	22,0	2,44	0,24	0,27	40,1	9,5

Erdarten.	5 Gram. der auf einer Oberfläche v. 36,000 □ Millimeter ausgebreiteten Erden absorbiren Feuchtigkeit aus der Luft in			Im durchnäßten Zustande absorbirten 5 Gram. Erde aus 15 Cubikzoll atmosph. Luft, in 30 Tagen, Sauerstoffgas			Wärme haltende Kraft, die des Kalksandes = 100 gesetzt.
	12 Stund.	24 Stund.	48 Stund.	nach Proc.	dem Volumen nach.	dem Gew. nach.	
	Centigr.	Centigr.	Centigr.	Proc.	Cubikzoll.	Centigr.	Proc.
Quarzsand . . .	0,0	0,0	0,0	1,6	0,24	0,05	95,6
Kalksand . . .	1,0	1,5	1,5	5,6	0,84	0,20	100,0
Lettenartiger Thon	10,5	13,0	14,0	9,3	1,39	0,30	76,9
Lehmartiger Thon	12,5	15,0	17,0	11,0	1,65	0,355	71,8
Klayartiger Thon .	15,0	18,0	20,0	13,6	2,04	0,44	68,4
Thon	18,5	21,0	24,0	15,3	2,29	0,495	66,7
Kalkerde . . .	13,0	15,5	17,5	10,8	1,62	0,35	61,8
Humus	40,0	48,5	55,0	20,3	3,04	0,655	49,0
Gips	0,5	0,5	0,5	2,7	0,40	0,085	73,8
Gartenerde . . .	17,5	22,5	25,0	18,0	2,60	0,56	64,8
Ackererde v. Hofwyl	8,0	11,5	11,5	16,2	2,43	0,525	70,1
Ackererde vom Jura	7,0	9,5	10,0	15,0	2,25	0,458	74,3

Absolutes und specifisches Gewicht.

Aus den in Tabelle I. Spalte 1 bis 3 aufgeführten Bestimmungen des absoluten und specifischen Gewichtes der angegebenen Substanzen geht hervor, daß der Sand im trocknen wie im feuchten Zustande den schwersten Theil der Ackererde ausmacht, der Kalksand in einem noch etwas höheren Grade als der Quarzsand; daß die Thonarten also um so leichter sind, je weniger sie Sand enthalten, daß der Humus das geringste specifische Gewicht hat, daß die pulverförmige Kalkerde unter den gewöhnlichen Bestandtheilen der Ackerkrume ihm hierin am nächsten steht, und daß man aus dem specifischen Gewichte eines Bodens auf die Mengenverhältnisse seiner Bestandtheile schließen kann.

Wasserhaltende Kraft.

Die wasserhaltende Kraft (Tab. I. Spalte 4 und 5) ist bei dem Quarzsande am geringsten, bei dem Kalksande bei gleicher Größe der Körner etwas größer, bei Thonarten um so bedeutender, je reicher sie an Thon sind; bei der kohlensauren Kalkerde bedingt die Form, ob sie fein gepulvert oder als Sand körnig ist, einen großen Unterschied; der Humus aber übertrifft alle anderen Bestandtheile der Ackererde hinsichtlich des Vermögens, Wasser zu absorbiren, um ein Bedeutendes.

Festigkeit und Consistenz.

Auf die Festigkeit und Consistenz des Bodens (Tab. II. Spalte 1 bis 4) bezieht sich die Benennung eines schweren und leichten Bodens. Ein Boden ist sehr leicht zu bearbeiten, dessen Festigkeit im trocknen Zustande nicht über 10 steigt; bei 40 ist er schon ziemlich schwer. In nassem Boden ist die Bearbeitung leicht bei einer Anhaftungskraft von 0,15 bis 0,30 Kilogr. an eine Fläche von 1 Quadratdecim., bedeutend schwer bei 0,70 Kilogr. Festigkeit und Consistenz stehen mit

der wasserhaltenden Kraft nicht in geradem Verhältniß, wie der Humus und die feine Kalkerde beweisen. Leichte Bodenarten (Sand) gewinnen durch Feuchtigkeit bedeutend an Zusammenhang; in trocknem reinen Sande fehlt derselbe gänzlich. Die Anhaftung an Holz ist stärker als an Eisen, bei gleicher Fläche; und fernere Versuche zeigten, daß die Anhaftung des Eichenholzes noch stärker ist als die des Buchenholzes. Schübler suchte außerdem auch die durch das Gefrieren des in der Erde enthaltenen Wassers bewirkte Auflockerung dadurch zu messen, daß er gleiche Mengen der verschiedenen Erden im feuchten Zustande gefrieren und dann in einem warmen Zimmer langsam austrocknen ließ. Die Cohäsion des lehmartigen Thons war dadurch von 68,8 bis 45,0, die der Hofwyler Erde von 33,0 bis 20,0 vermindert, und bei allen Erdarten auch mehr oder weniger beträchtlich. Diese Wirkung kann jedoch nicht von Dauer sein und muß bei neuer Bearbeitung des Feldes aufhören; Schübler sieht hierin den Vortheil des Herbstpflügens, den Nachtheil der Frühlingsbeackerung des feuchten Landes.

Fähigkeit auszutrocknen.

Die Fähigkeit, mehr oder weniger schnell auszutrocknen (Tab. II. Spalte 5), hat den nämlichen Einfluß auf die Vegetation als die wasserhaltende Kraft, da von ihr die Dauer des jedesmaligen Feuchtigkeitsgrades abhängt. Die Erdarten, welche das während des Winters aufgenommene Wasser langsam wieder fahren lassen, können im Frühjahr erst spät bearbeitet werden und veranlassen so oftmals verspätete Saatzeiten. Die Benennung eines hitzigen und kalten, eines trocknen und nassen Bodens beruht hauptsächlich auf der angeführten Eigenschaft, und richtet sich außerdem nach der Anziehung zum Wasser sowohl als nach der wärmeleitenden Kraft. Aus den Versuchen ersieht man, daß Sand und Gips den hitzigsten Boden bilden, daß Kalksand auch in dieser Hinsicht von pulverförmiger Kalkerde sich sehr verschieden verhält, und daß reiner Humus naß und schwammig ist.

Volumensverminderung beim Austrocknen.

Bei starker Volumensverminderung der Erdarten (Tab. II. Spalte 6) durch das Austrocknen entstehen Risse und Sprünge im Boden, wodurch die Saugwurzeln der Pflanzen zersprengt und entblößt werden. Reiner Humus erleidet die größte Volumensverminderung, nämlich bis zu $^1/_5$; daher findet man in Torfniederungen das Erdreich oft um mehrere Zolle erhöht, wenn feuchte Witterung herrscht, zumal wenn dann auch Kälte eintritt. Fast ebenso stark, wie der Humus, zieht der reine Thon bei dem Austrocknen sich zusammen. Die Volumensverminderung steht mit der wasserhaltenden Kraft in keinem gleichförmigen

Verhältnisse (wie sich z. B. beim kohlensauren Kalke zeigt), auch nicht mit der Festigkeit und Consistenz. Das Zerfallen des Mergels an freier Luft erklärt sich daraus, daß seine Bestandtheile, Thon und feiner Kalk, eine sehr verschiedene Volumensverminderung erleiden; schon deshalb muß der dem Thone beigemengte Kalkmergel ganz anders wirken als der Sand. Der feine Kalk vermindert die Festigkeit und Consistenz des Bodens, während er zugleich starke wasserhaltende Kraft besitzt und auf Säure und Humus chemisch einwirkt.

Fähigkeit, Feuchtigkeit anzuziehen.

Die **Fähigkeit, Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen** (Tab. III. Spalte 1 bis 3), ist eine hygroskopische Eigenschaft und darf nicht verwechselt werden mit derjenigen, durch welche das aufgesogene Wasser zurückgehalten wird; sie ist, wie es scheint, abhängig zum Theil von der Porosität der Erden, und wahrscheinlich auch von den mehr oder weniger zerfließlichen Salzen, die selbst nur in sehr geringer Menge darin enthalten zu sein brauchen. Die angestellten Versuche zeigten, daß die Einsaugung in den ersten Stunden am stärksten, bei Nacht schwächer als bei Tage ist; nach einigen Tagen scheinen die Erden gesättigt. Humus saugt am meisten ein, Thonarten um so weniger, je größer ihr Sandgehalt ist; reiner Quarzsand und Gipserde äußern allein keine oder nur unbedeutende Absorption von Feuchtigkeit; sie bilden daher einen hitzigen, unfruchtbaren Boden. Die Einsaugungsfähigkeit steht weder immer im directen Verhältniß mit der wasserhaltenden Kraft, noch im umgekehrten mit der Fähigkeit auszutrocknen.

Fähigkeit, Sauerstoff zu absorbiren.

Die **Fähigkeit der Erden, Sauerstoffgas aus der Atmosphäre zu absorbiren** (Tab. III. Spalte 4 bis 6), beruht hauptsächlich auf ihrem Gehalte an Humus, indem dieser unter dem Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffgases fortwährend eine Oxydation, eine langsame aber vollständige Verbrennung oder Umwandlung in gasförmige Kohlensäure erleidet; außer dem Humus wird auch durch die Gegenwart von Eisenoxydul eine Sauerstoffabsorption bewirkt und zwar ebenfalls in Folge des Bestrebens des Eisens, in den Zustand höherer und vollständiger Oxydation überzugehen, mit Sauerstoff sich zu sättigen. Außer dieser chemischen scheint aber auch eine mechanische Anziehung zum Sauerstoff stattzufinden; diese nämlich ist allen porösen und lockeren Körpern eigen und also auch den Ackererden, um so mehr, wenn sie gleichzeitig Feuchtigkeit enthalten, welche die atmosphärischen Gase in sich auflöst. Völlig trockene, wie auch durch Glühen von Humus be-

freite und in den Zustand festeren Zusammenhanges übergeführte Substanzen absorbiren kein Sauerstoffgas mehr, oder wenigstens nur sehr geringe Quantitäten desselben, und ebenso wenig, wenn die Erde gefroren oder gar mit einer dünnen Eisschicht überzogen ist; Wärme und Feuchtigkeit dagegen begünstigen vorzüglich diese Absorption, es wird daher während feuchter warmer Sommerwitterung durch die Erden besonders viel Sauerstoffgas absorbirt werden. Folgende in der Natur auftretende Erscheinungen erklären sich, nach Schübler, aus dieser Sauerstoffgas-Absorption durch die Erden und dienen selbst zum Theil wieder als Bestätigung dieser Erscheinung. Durch eine Menge Thatsachen ist es erwiesen, daß der Sauerstoff eine der wichtigsten Rollen in der thierischen und Pflanzenökonomie spielt, daß er zur Keimung des Samens nothwendig ist und die Entwicklung und das Wachsen aller organischen Theile begünstigt; durch Bearbeitung des Bodens, Pflügen, Auflockern desselben werden abwechselnd andere Erdschichten mit der Luft in Berührung gebracht und durch die Absorption des Sauerstoffgases gleichsam befruchtet; es scheint dieses um so nöthiger zu sein, indem der Sauerstoff durch die Erdschichten nur langsam tiefer als einige Linien eindringt. In Ansehung der Fruchtbarkeit verschiedener Erdschichten, ist es eine bekannte Erfahrung, daß die tiefliegenden Schichten weniger fruchtbar sind, als die, welche unmittelbar mit der Atmosphäre in Berührung stehen, und daß es einige Zeit bedarf, um solche Erden, wenn sie auch übrigens chemisch in den gehörigen Verhältnissen zusammengesetzt sind, zu einem guten Ertrag zu bringen; bei neuen Umbrüchen und bei Erden überhaupt, welche lange Zeit vom freien Genuß der Luft abgeschlossen waren, bemerkt man oft diese Erscheinung. Es ist gleichfalls damit die Erfahrung übereinstimmend, daß thonhaltige Boden im Allgemeinen zu den fruchtbarsten, Sandboden dagegen zu den unfruchtbarsten gehören; in Thonboden, welche die gehörige Lockerheit besitzen, wird die Sauerstoffgas-Absorption vorzüglich leicht vor sich gehen können.

Wärmehaltende Kraft. Aus den Untersuchungen über die wärmehaltende Kraft (specifische Wärme) der Erde ergab sich, daß Sand diese Eigenschaft im höchsten Grade besitzt, weswegen Sandgegenden im Sommer besonders trocken und heiß sind; Humus hat, wenn das Volumen berücksichtigt wird, geringe wärmehaltende Kraft, dem Gewichte nach wäre sie aber sehr groß; die wärmehaltende Kraft steht ziemlich genau im Verhältnisse des specifischen Gewichtes eines bestimmten Volumens. Die höhere oder

geringere Erwärmung der Erdarten durch das Sonnenlicht ist gleichfalls eine wichtige physikalische Eigenschaft derselben, auf welcher hauptsächlich das schnellere oder langsamere Austrocknen des Bodens beruht, wenn im Frühjahr das Uebermaaß der während des Winters aufgenommenen Feuchtigkeit sich verlieren muß, ehe der Acker von Neuem bestellt werden kann. Aus den in dieser Hinsicht angestellten Versuchen ergab sich, daß jene Eigenschaft abhängig ist von der Farbe der Erdoberfläche (daher diese Eigenschaft besonders ausgezeichnet bei den dunkel gefärbten sehr humushaltigen Erdarten auftritt), von der chemischen Zusammensetzung der Erdarten, von ihrem Feuchtigkeitsgrade und endlich von der Neigung des Winkels, unter welchem die Sonnenstrahlen einfallen. Girardin bemerkte, daß der Zeitpunkt des Reifwerdens der Kartoffeln je nach der Farbe des Bodens von 8 bis 14 Tagen wechselt; er fand nämlich am 25. August in einem sehr dunkel gefärbten humosen Sandboden 26 Varietäten reif, während in gewöhnlichem Sandboden 20, in Lehmboden 19 und in weißem Kalke nur 16 die Reife erlangt hatten. Als Beispiel, wie sehr die Temperatur der Oberfläche einer dunkel gefärbten Erdart von der Temperatur der umgebenden Luft im Schatten differirt, mag die folgende von Schübler in Tübingen ausgeführte Versuchsreihe dienen, welche auf eine schwärzlich graue Gartenerde sich bezieht. Die Beobachtungen wurden Mittags zwischen 12 und 1 Uhr angestellt und ein ganzes Jahr hindurch (1828—1829) fortgesetzt.

Erwärmung durch das Sonnenlicht.

Temperatur der	Erdoberfläche im Sonnenschein.	Luft im Schatten.	Unterschied.
Januar .	+ 9°,8	— 3°,3	13°,1
Februar . .	24,1	+ 4,9	19,2
März . . .	30,0	6,5	23,5
April . . .	39,8	13,2	26,6
Mai . . .	44,1	15,7	28,4
Juni . . .	47,9	19,2	28,7
Juli . . .	50,8	21,9	28,9
August . .	43,6	16,4	27,2
September .	39,0	16,0	23,0
October . .	21,7	4,8	16,9
November .	18,1	3,6	14,5
December .	12,1	1,6	11,5
Jahr . .	31°,75	10°,04	21°,71

Physikalische Bedeutung des Humus für die Ackerkrume.

Uebersehen wir nochmals die so eben mitgetheilten Resultate zahlreicher Versuche, so ergiebt sich hinsichtlich des, einen wichtigen Bestandtheil der fruchtbaren Ackerkrume bildenden Humus, daß ein größerer Gehalt desselben in Verbindung steht mit einer größeren wasserhaltenden Kraft, mit geringerer Festigkeit und Consistenz und also auch mit der Fähigkeit des Bodens trotz der möglichen Gegenwart einer bedeutenden Menge von Thon, leichter sich bearbeiten zu lassen; ferner beruht auf ihm zum großen Theile die Eigenschaft der fruchtbaren Ackererde, weniger schnell auszutrocknen, eine größere Menge von Feuchtigkeit aus der Atmosphäre anzuziehen, mehr Sauerstoffgas zu absorbiren und endlich unter dem Einfluß der Sonnenwärme eine höhere Temperatur anzunehmen, alles Thatsachen, deretwegen man allerdings wohl dem Humus eine hohe fruchtbarmachende Bedeutung für die Ackerkrume zuerkennen muß. Ein Uebermaaß von Humus dagegen hebt natürlich jene guten Eigenschaften der Ackerkrume wieder auf, durch dasselbe erleidet dieselbe bei dem Austrocknen leicht eine zu große und schädlich werdende Volumensverminderung, ganz besonders aber wird der Boden sauer, zu schwammig und zu feucht, dadurch auch wiederum kalt und endlich unfähig, die Cultur der gewöhnlich im Großen angebauten Gewächse noch zu unterstützen. Der Thon verhält sich hinsichtlich der angeführten Eigenschaften zum großen Theile dem Humus ähnlich, beide unterstützen sich gegenseitig in ihrer Wirkung, nur daß der Thon leicht bei einer zu sehr vorherrschenden Menge, einen festen, zähen und kalten Boden bildet.

Weitere Beobachtungen über die wasserhaltende Kraft der Bodenarten.

Die oben angeführten physikalischen Eigenschaften sind nicht alle für die Charakteristik der verschiedenen Bodenarten von gleicher Bedeutung. Namentlich muß man der wasserhaltenden Kraft eine hohe Wichtigkeit zuschreiben, welches man jedoch nicht, wie es manchmal geschehen ist, so weit treiben darf, daß man den höheren oder geringeren Grad dieser Eigenschaft, wenigstens innerhalb bestimmter Gränzen, auch unmittelbar mit einem entsprechenden Grade von Fruchtbarkeit, oder sogar mit einer genau daraus sich ergebenden Zusammensetzung der Ackerkrume in Verbindung setzen wollte. Die wasserhaltende Kraft ist vielmehr abhängig nicht allein von dem Vorherrschen dieses oder jenes Hauptbestandtheiles, sondern hauptsächlich von der äußeren Form, in welcher diese Hauptbestandtheile auftreten, ob dieselben in einem mehr oder weniger feinkörnigen Zustande vorhanden, mehr oder weniger innig mit einander gemengt sind und von Zufälligkeiten endlich, die nicht

immer in ihrer ganzen Klarheit sich nachweisen lassen. Daß aber die Bestimmung der wasserhaltenden Kraft für sich allein zur Charakteristik einer Bodenart nicht ausreichend ist, wird der Leser aus der im Folgenden gegebenen Uebersicht ersehen.

	Wasserhaltende Kraft.
1. Weinbergerde von Rotheburg bei Geißheim im Rheingau; überwiegend viel Kieselerde mit Thonschieferstückchen und etwas Kalk, mit 3,3 Proc. Humus und Glühverlust . .	20.
2. Weinbergerde von Neudorf im Rheingau, von ähnlicher Zusammensetzung, 5,2 Proc. Humus und Glühverlust .	25.
3. Weinbergerde von Rüdersheim im Rheingau, von ähnlicher Zusammensetzung, jedoch etwas mehr Kalk und 8,3 Proc. Humus ꝛc.	28.
4. Weinbergerde von der Liebfrauenkirche bei Worms, 66,5 Proc. Sand mit Bruchstücken von Sandstein und Schiefer, 19 Proc. Kalk, etwas Thon und 8 Proc. Humus und Glühverlust	35,5.
5. Weinbergerde vom Johannisberg im Rheingau, 54 Proc. Sand, aus Thonschieferstückchen und Quarz bestehend, 9 Proc. Kalk, 37 Thon und 5,5 Proc. Humus und Glühverlust	37,0.
6. Sandboden vom Schwarzwald, 77 Proc. Quarzsand mit 20,1 Thon, etwas Kalk und 1,3 Proc. Humus und Glühverlust; schöne Nadelholzwälder	38,2.
7. Weinbergerde von den besseren Weinbergen im Neckarthal bei Untertürkheim, 60 Proc. Sand mit schiefrigem Mergel, 24,4 Thon, 12,7 Kalk u. 5,6 Humus u. Glühverlust	40,7.
8. Fruchtbare Ackererde von Getreidefeldern im Neckarthal bei Tübingen, kalkhaltiger Thonboden, 62 Thon, 28,8 Quarzsand, 3,4 Kalk u. 5,7 Proc. Humus u. Glühverlust	46,7.
9. Fruchtbare Ackererde der Getreidefelder bei Stuttgart, 70,6 Thon, 25,2 Quarzsand, 1,2 Kalk und 7,8 Proc. Humus ꝛc.	50,0.
10. Weinbergerde von Uhlbach am Neckarthal, 50 Proc. Quarzsand mit Schieferstückchen, 46 Thon, 3 Kalk und 7 Proc. Humus ꝛc.	53,0.
11. Fruchtbare Ackererde der Getreidefelder bei Tübingen, 64,7 Proc. Thon, 17,2 Quarzsand, 16,4 Kalkerde mit Kalksand und 9,8 Proc. Humus und Glühverlust . .	61,3.

Wasserhaltende Kraft.

12. Fruchtbare Ackererde von Getreidefeldern bei Schwenningen, am Ursprung des Neckars, 63,6 Thon, 17,3 Quarzsand, 4,1 Kalkerde und Kalksand, 5,6 Humus und Glühverlust . . . . 67,2.

13. Gute Wiesenerde von Bebenhausen; 46,7 Proc. Thon, 46,0 Sand, 3,0 Kalkerde, 4,5 Humus und Glühverlust . . . . 78,1.

14. Gute Wiesenerde von Lustnau im Neckarthale, 48,0 Proc. Thon, 20,8 Quarzsand, 29,6 feine Kalkerde mit Kalksand, 6,3 Proc. Humus und Glühverlust . . . . . 85.

15. Sehr fruchtbare schwarze Erde von der Höhe der schwäbischen Alp auf Jurakalk, 47,0 Thon, 1,2 Quarzsand, 33,8 Kalksand mit Kalkerde, 4,6 auflöslicher Humus und 13,1 Glühverlust . . . . 91,6.

16. Leichte, an vegetabilischen Stoffen und Sand reiche Gartenerde, vorzüglich zur Cultur von Ericeen, Proteen und verwandten Pflanzen des Cap's dienend, 1,6 Proc. Kalk, 18,6 Proc. größtentheils vegetabilische, durch Glühen zu verflüchtigende Stoffe; das Uebrige thonhaltiger Sand . . . 100.

17. Gartenerde, der vorigen ähnlich, zur Cultur vieler Straucharten Neuhollands dienend, 21 Proc. Glühverlust und 15,5 Proc. Kalk, das Uebrige thonhaltiger Sand . 106.

18. Sehr leichter Boden, für die gewöhnlichen Culturgewächse wenig tauglich, aus dem Neckarthal bei Lustnau, 42,7 Proc. Thon, 10,8 Quarzsand, 38,0 Kalkerde mit viel Kalksand, 8,4 Proc. Humus und Glühverlust; Consistenz sehr gering . . . . 124.

19. Gartenerde, an vegetabilischen Stoffen sehr reich, 11 Proc. Kalk und 30 Proc. Glühverlust, nebst Thon und Sand 155.

20. Schwarze unfruchtbare Torferde, viel verkohlten Humus, im Ganzen 76 Proc. durch Glühen zu verflüchtigende Stoffe enthaltend . . . . 179.

21. Vegetabilische Erde, aus zersetztem Laub gebildet, sogenannte Lauberde, zur künstlichen Zusammensetzung verschiedener Gartenerden dienend, 33 Proc. Glühverlust, mit 16 Proc. feinem Kalk, das Uebrige aus feiner Kieselerde und Thon bestehend . . . . 203.

Wasserhaltende Kraft.

22. Holzerde aus faulen Bäumen, wie die Lauberde zur Bildung von Gartenerden dienend, 47 Proc. Glühverlust mit 10 Proc. feinem Kalk, das Uebrige feine Kieselerde u. Thon 210.

23. Sehr leichte unfruchtbare braune Torferde von unvollkommen ausgebildetem Torf, 89 Proc. Glühverlust . . . . 366.

Folgerungen aus diesen Versuchen.

Aus den hier zusammengestellten Untersuchungen ergiebt sich, daß die wasserhaltende Kraft keineswegs immer mit der Zunahme des Thon- und namentlich Humusgehaltes wächst oder mit dessen Abnahme sich vermindert (vgl. Nr. 11 u. 12); offenbar ist die Gegenwart von fein zertheilter Kalkerde ebenfalls von wesentlichem Einfluß auf jene Eigenschaft (Nr. 18), ganz besonders auch die mehr oder weniger innige Mischung, das gröbere oder feinere Korn des Gemenges und endlich in nicht geringem Maaße der Zustand, in welchem der Humus oder die Pflanzenüberreste in der Ackerkrume sich befinden (vgl. Nr. 19, 20, 21 u. ff.). Die Wiesenerden zeigen durchgängig eine größere wasserhaltende Kraft, als ihrer Zusammensetzung eigentlich zukommt, ohne Zweifel deshalb, weil die größere Wassermenge, welche mit denselben in Berührung kommt, den Humus in den Zustand weiter vorgeschrittener Zersetzung, größerer Zertheilung und Lockerheit übergeführt hat. Dieselbe Erscheinung zeigt sich auch bei den Gartenerden und zwar aus ganz ähnlichen Gründen, indem nämlich hier die Cultur eine größere Auflockerung und weit innigere Mischung zur Folge gehabt hat, als dies in der gewöhnlichen Ackererde der Fall ist. Im Allgemeinen jedoch kann man aus den mitgetheilten Versuchen den Schluß ziehen, daß die im Klima Deutschlands zum Getreidebau benutzten Ackererden am häufigsten in ihrer wasserhaltenden Kraft zwischen 40 bis gegen 70 Proc. wechseln; ist die wasserhaltende Kraft eines Erdreichs bedeutend größer oder geringer, so eignet es sich meist besser zur Cultur gewisser Pflanzen, bei einer geringeren wasserhaltenden Kraft zum Weinbau und zu Nadelholzarten, bei einer größeren zu Wiesen oder zur Cultur von Pflanzen einzelner Familien. Noch bleibt Vieles erst durch weitere Beobachtungen zu ermitteln übrig; erst durch viele Erfahrungen und mannichfache Versuche werden wir dahin gelangen können, zu sagen, bei welcher wasserhaltenden Kraft diese oder jene Pflanze am sichersten ihre vollkommne Ausbildung erreicht; nothwendig muß hierauf zugleich die einer Gegend

zukommende mittlere Temperatur und Regenmenge von bedeutendem Einfluß sein; für wärmere Gegenden mit einer geringeren mittleren Regenmenge werden Bodenarten mit einer größeren wasserhaltenden Kraft unter übrigens gleichen Verhältnissen günstiger sein, während sich dagegen Erden mit einer geringeren wasserhaltenden Kraft besser für Gegenden eignen, welche eine größere Regenmenge besitzen; dieselbe Bodenmischung kann daher für eine Gegend fruchtbar sein, welche es für eine andere unter veränderten äußeren Umständen nicht mehr ist; der häufig vorkommende Wechsel zwischen trocknen und nassen Jahrgängen wird aus demselben Grunde bald dieser, bald jener Gegend günstiger sein, je nachdem ihre Bodenarten vorherrschend eine größere oder geringere wasserhaltende Kraft besitzen.

Gegenseitige Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften.

Den obigen Bemerkungen Schübler's füge ich mit demselben Forscher noch bei, daß man für die wissenschaftliche Charakteristik einer Bodenart, außer der genauen chemischen Analyse, mit der Bestimmung der wichtigeren physikalischen Eigenschaften sich begnügen kann, zu welchen namentlich die Farbe, das absolute Gewicht eines bestimmten Volumens im trocknen und nassen Zustande, die wasserhaltende Kraft und endlich die Consistenz oder Festigkeit im trocknen Zustande zu rechnen sind. Gewöhnlich stehen nämlich mit diesen Eigenschaften folgende im näheren Verhältniß: 1) Je dunkler die Erde gefärbt ist, desto stärker erwärmt sie sich durch das Sonnenlicht, wenn sie zugleich eine geringe wärmehaltende Kraft hat; 2) je größer ihr absolutes Gewicht im trocknen Zustande ist, desto größer ist ihre wärmehaltende Kraft (desto länger behält sie eine durch das Sonnenlicht oder den unmittelbaren Einfluß der Atmosphäre erhaltene Temperatur); 3) je größer die Consistenz oder Festigkeit einer Erde im trocknen Zustande ist, desto schwerer zu bearbeiten ist sie sowohl im trocknen als im nassen Zustande, desto mehr Schwierigkeiten setzt sie keimenden Pflanzen bei der Verbreitung ihrer Wurzeln entgegen, desto mehr Humus ist sie aufzunehmen und enger zu binden im Stande, ein desto undurchlassenderes Erdreich bildet sie für Feuchtigkeit und desto länger bleibt diese gewöhnlich in den tieferen Erdschichten zurück, wenn sie einmal davon durchdrungen sind; 4) je größer die wasserhaltende Kraft ist, desto größer ist gewöhnlich auch ihr Vermögen, Feuchtigkeit und Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft zu absorbiren, und desto größer ist ihre Volumensverminderung beim Austrocknen; 5) je größer endlich die beiden letzten Eigenschaften (Consistenz und wasserhaltende Kraft) zugleich sind, desto langsamer trocknet das

Erdreich aus, einen um desto kälteren, näſſeren Boden bildet es, und um desto mehr vermindert sich seine Consistenz durch das Durchfrieren, desto besser wird es daher sein, das Erdreich vor Eintritt des Winters umzubrechen.

Zur ferneren Verdeutlichung des Zusammenhanges zwischen den physikalischen Eigenschaften einer Ackererde und ihrer Zusammensetzung theile ich hier noch schließlich einige Analysen von Bodenarten mit, welche nebst den beifolgenden Bemerkungen gleichfalls von Schübler herrühren. Zusammenhang zwischen dem physikalischen Verhalten und der chemischen Zusammensetzung.

1. Die Ackererde aus dem Neckarthal bei Canstadt, einer der fruchtbaren Gegenden Würtembergs, zeigte sich in 100 Theilen zusammengesetzt aus:

17,2	Theilen	Kieselsand,
64,5	"	feinem Thon mit etwas Eisenoxyd,
10,4	"	kohlensaurer Kalkerde,
1,0	"	in Wasser und Kali auflöslichem mildem Humus,
6,9	"	ließen sich durch Glühen verflüchtigen.

Gewicht eines Pariser Cubikzolls im trocknen Zustand 26,8 Grm.
" " " " " nassen " 31,5 "

Wasserhaltende Kraft dem Gewichte nach 61,3 Proc.

Consistenz, die des Thons = 100 gesetzt, = 64,1 Proc.

Farbe: dunkelgrau.

Die Ackererde hat eine bedeutende Mächtigkeit, so daß auch tiefer wurzelnde Gewächse und Bäume ein gutes Fortkommen zeigen; die vorherrschende unter der Ackererde liegende Gebirgsart ist aufgeschwemmtes Land, Neckargeschiebe, die durch Kalktuff verbunden sind. Die fruchtbaren Bodenarten des mittleren Neckarthales zeigen meist eine ähnliche Zusammensetzung, ihr Kalkgehalt wechselt im Mittel von 8—20 Proc., ihr Thongehalt von 50—65, ihr auflöslicher Humusgehalt von 0,5—1,8, verflüchtigen lassen sich bis 11 Proc., durch bloßes Auskochen mit Wasser läßt sich aus ihnen nur höchst wenig ausziehen, wenn sie nicht frisch gedüngt worden sind. Sie gehören daher meist zu den vermögenden und reichen Mergelböden. Benutzt werden sie außer dem Gemüsebau im Großen vorzüglich zu Dinkel, selten zu Weizen, übrigens auch zu Emmer, Einkorn, Gerste, seltener zu Hafer und Roggen, abwechselnd mit Klee.

2. Die Ackererde von den Anhöhen zur Seite des Neckarthales bei Tübingen zeigte sich bestehend aus:

31,1 Th. Kieselsand,
59,9 „ feinem Thon mit etwas Eisenoxyd,
3,0 „ kohlensaurer Kalkerde,
5,9 „ ließen sich durch Glühen verflüchtigen.

Gewicht eines Pariser Cubikzolls im trocknen Zustand 27,0 Grm.
„ „ „ „ „ nassen „ 31,2 „
Wasserhaltende Kraft dem Gewichte nach = 59,6 Proc.
Consistenz = 55,5 Proc.

Farbe: hellgrau. — Benennung: vermögender kalkhaltiger Thonboden. Die Mächtigkeit der fruchtbaren Ackererde ist oft nicht hinreichend tief, der Untergrund ist zum Theil sehr thonig. Die Gebirgsart ist bunter grobkörniger Sandstein. Die Fruchtbarkeit dieser Anhöhen ist oft bedeutend geringer als die im Neckarthal. Von Getreidearten wird auf diesem Boden statt Dinkel nicht selten Emmer gebaut, übrigens auch Einkorn, Gerste, Hafer, abwechselnd mit Klee, Luzerne und verschiedenen Brachfrüchten.

3. Die Weinbergerde nördlich von den Anhöhen bei Stuttgart besteht aus:

38,0 Th. Thon, durch Eisenoxyd braun gefärbt,
49,5 „ Kieselsand, gemengt mit vielen kleinen Stückchen von schiefrigem, erhärtetem Thonmergel,
4,2 kohlensaurer Kalkerde,
1,4 Gips,
6,6 Humus und Glühverlust.

Gewicht eines Pariser Cubikzolls im trocknen Zustand 29,2 Grm.
„ „ „ „ „ nassen „ 33,7 „
Wasserhaltende Kraft dem Gewichte nach = 46,4 Proc.
Consistenz = 33,0.

Farbe: röthlichbraun; Benennung: vermögender kalkhaltiger Lehmboden mit etwas Gipsgehalt; Lage: gegen Süden geneigt; die Ackerkrume ist einige Zoll mächtig; die Gebirgsart ist bunter Sandstein, der mit Lagern von schiefrigem erhärtetem Thonmergel und Gips durchzogen ist. — Die Bodenarten der besseren Weinberge der Bergketten des Neckarthales zeichnen sich vor den Bodenarten des Thales selbst gewöhnlich durch die hier bemerkten Eigenschaften aus; der Gips fehlt ihnen häufig ganz, sie verdanken ihre Eigenschaften vorzüglich der eigenthümlichen feinschiefrigen Beschaffenheit ihres Thones, sie besitzen eine geringe wasserhaltende Kraft und Consistenz, ein großes absolutes Gewicht und meist dunkle Farben, Eigenschaften, welche ihnen zugleich eine große wärmehaltende

Kraft geben. Vor dem Sand selbst zeichnen sich diese schiefrigen Thonarten, dem sie sich in ihren Eigenschaften nähern, dadurch vortheilhaft aus, daß sie gewöhnlich eine etwas größere wasserhaltende Kraft, und immer eine größere Consistenz als reiner Sand besitzen, wodurch sich Feuchtigkeit und Humus mehr in ihnen ansammeln können.

4. Der Waldboden eines schönen Laubholzes auf einer Anhöhe südlich vom Neckarthal bei Tübingen, bestand aus:

59,5	Th.	feinem abschlemmbarem Thon,
32,0	„	Kieselsand,
1,4	„	kohlensaurer Kalkerde,
7,1	„	Humus und Glühverlust.

Gewicht eines Pariser Cubikzolls im trocknen Zustand 28,2 Grm.
„ „ „ „ „ nassen „ 35,3 „
Wasserhaltende Kraft = 53 Proc.
Consistenz . . . = 54,6 „

Farbe: grau; Benennung: vermögender kalkhaltiger Thonboden. Das Erdreich ist mehrere Schuh tief und ruht auf buntem Sandstein. Der Wald gehört zu den schönsten dieser Gegend, er trägt schlanke Buchen und Eichen, das Unterholz bilden Birken, Hainbuchen, Linden und Saalweiden; bei 20 jährigem Umtrieb ist der mittlere Ertrag auf einem würtembergischen Morgen 4—6 Klafter Knüppelholz und 400—600 Wellen.

5. Die Nadelholzwälder des Schwarzwaldes zeigen gewöhnlich eine entgegengesetzte Beschaffenheit, in ihnen herrscht häufig Kieselsand vor. Ein Waldboden bei Kalmbach in der Nähe des Wildbads aus einem schönen Kiefernwald zeigte sich zusammengesetzt aus:

77,0	Th.	Kieselsand,
20,0	„	feinem Thon mit etwas Eisenoxyd,
1,3	„	kohlensaurer Kalkerde,
1,4	„	Humus und Glühverlust.

Gewicht eines Pariser Cubikzolls im trocknen Zustand 27,7 Grm.
„ „ „ „ „ nassen „ 37,8 „
Wasserhaltende Kraft = 38,2 Proc.
Consistenz . . . = 6,8 „

Farbe: röthlichgrau; Benennung: armer lehmiger Sandboden. Das Erdreich ist mehrere Schuh tief und ruht auf rothem, älterem Sandstein; hie und da wird auf diesem Boden auch Roggen gebaut.

6. Die Erden von Gebirgsgegenden zeichnen sich zuweilen durch ausgezeichnet schwarze Farbe und Reichthum an Humus

aus, vorzüglich in flachen Alpthälern und selbst auf Anhöhen, wenn der Humus weder durch Ueberschwemmungen noch durch reißende Gebirgswässer in die Tiefe geführt wird. Die schwäbische Alp, welche im Mittel 2400—2800 Par. Fuß über dem Meere liegt, zeigt mehrere solche Gegenden. Ein leichter schwarzer Boden dieser Gebirgskette in der Nähe von Genkingen bestand aus:

47,0	Th.	feinem Thon mit etwas Eisenoxyd,
1,2	„	Kieselsand,
33,8	„	kohlensaurer Kalkerde,
19,7	„	Humus und Glühverlust.

Gewicht eines Pariser Cubikzolls im trocknen Zustand 21,2 Grm.
„ „ „ „ „ nassen „ 28,2 „
Wasserhaltende Kraft = 91,6 Proc.
Consistenz . . . = 14,7 „

Farbe: schwarz; Benennung: weicher lehmiger Kalkboden. Die Ackerkrume ist oft einige Schuh mächtig und ruht auf Jurakalk, ist häufig mit vielen kleinen Steinchen vermischt, welche übrigens bei dieser Bodenmischung ganz wohlthätig wirken, indem sie dem Boden mehr Festigkeit und größere wärmehaltende Kraft geben, welches bei der großen wasserhaltenden Kraft und dem schon rauhen Klima dieser Gegend auf die Vegetation wohlthätig einwirkt. Zum Theil wird dieser Boden zu Weiden und Wiesen, häufig aber auch zum Getreidebau benutzt; außer Dinkel und Gerste gedeiht auf ihm vorzüglich Hafer, der an Schwere der Körner den in tieferen Gegenden Würtembergs, in einem wärmeren Klima erzogenen allgemein übertrifft, obgleich seine Halme kürzer bleiben; von kleeartigen Futterpflanzen gedeiht auf diesem Boden vorzüglich gut Esparsette; in den Wäldern dieser Gegenden sind Laubholzarten vorherrschend, vorzüglich Buchen, gemischt mit Bergahornen, Weißlauben und Eschen.

C. Einfluß der geognostischen Verhältnisse auf die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Ackererde.

Durch die Gesteinsbeschaffenheit eines Landes wird sowohl die chemische Zusammensetzung wie das physikalische Verhalten der auftretenden Bodenarten wesentlich bestimmt; in ersterer Hinsicht, indem die Bestandtheile der Gesteine unter dem Einfluß des Verwitterungsprozesses andere Verbindungen eingehen und namentlich als auflösliche Mineral-

salze durch ihre Gegenwart zu einer größeren oder geringeren natürlichen Fruchtbarkeit des Bodens beitragen, in letzterer Hinsicht, indem die Gebirgsarten je nach ihrer Eigenthümlichkeit bald zu einer lockeren, wenig consistenten, leichteren oder schwereren Masse auseinanderfallen, bald einen zähen undurchlassenden Boden und Untergrund bilden, bald zu der Entstehung eines mit größeren und kleineren Steinen gemengten Sand- oder Thonbodens oder einer durch und durch gleichmäßig feinkörnigen Ackerkrume die Veranlassung geben. Beiderlei Einflüsse der Gesteine, auf die Zusammensetzung wie auf die Eigenschaften der Ackererde, treten natürlich stets gleichzeitig und zusammenwirkend auf; wir werden deshalb auch hier beide Einwirkungen in ihrem Zusammenhange betrachten.

1. Einfluß der krystallinischen Gesteine.

Nähere und entferntere Bestandtheile der Gesteine.

Die Gesteine oder die Gebirgsarten sind entweder einfach oder zusammengesetzt, d. h. sie sind entweder, wie der Kalk und der Gips, in ihrer ganzen Masse gleichförmig beschaffen, oder sie bestehen aus einem Gemenge mehrerer verschiedener Mineralien, von denen das eine oder andere gewöhnlich in überwiegender Menge auftritt; zu den letzteren Gesteinen, welche in bei weitem größerer Zahl als die ersteren vorkommen, gehört z. B. der Granit, Basalt u. a. Diese Gesteine haben also nähere Bestandtheile (Gemengtheile), eben jene fest bestimmte und charakterisirte Mineralien, und entferntere, aus denen die einzelnen Mineralien wiederum zusammengesetzt sind. Die entfernteren Bestandtheile der Gebirgsarten, aus denen also schließlich die ganze feste Erdrinde gebildet worden ist, sind einfache Sauerstoffverbindungen; nämlich bei weitem vorherrschend ist Kieselsäure, außerdem Thonerde, Kalkerde, Magnesia, Alkalien, Eisen- und Manganoxyde; man wird der Wahrheit im Allgemeinen nahe kommen, wenn man annimmt, daß von der Erdrinde, soweit dieselbe der Beobachtung zugänglich ist, $^2/_3$ aus Kieselsäure, $^1/_6$ aus Thonerde, $^1/_{12}$ aus kohlensaurer Kalkerde und Magnesia, $^1/_{24}$ aus Alkalien, $^1/_{48}$ aus Eisen und Mangan, und das letzte $^1/_{48}$ aus allen übrigen auf der Erde vorhandenen Stoffen zusammengesetzt ist.

Die angeführten einfacheren Körper sind nun zu verschiedenen bestimmten chemischen Verbindungen zusammengetreten, welche wir Mineralien nennen und als die näheren Bestandtheile oder als die Gemengtheile der Gebirgsarten bezeichnet haben; die Zahl dieser Mine-

ralien, welche vorzugsweise an der Bildung der festen Erdrinde Theil haben, ist wiederum eine nur sehr kleine; sie beschränkt sich auf die verschiedenen Arten des Feldspathes, des Glimmers, des Augites und der Hornblende, wenn wir hier von dem kohlensauren Kalke (Kalkstein) und dem schwefelsauren Kalke (Gips) absehen, welche vermöge ihrer festen chemischen Zusammensetzung ebenfalls zu den Mineralien gerechnet werden müssen, wie sie auf der anderen Seite, wegen ihres massenhaften Auftretens auf der Erdoberfläche auch zu den Gebirgsarten gehören. Die nähere quantitative Zusammensetzung der zuerst angeführten Mineralien ist aber folgende:

	Feldspatharten.			
	Kali- (Orthoklas)	Natron- (Albit)	Kalknatron- (Oligoklas)	Kalkfeldspath. (Labrador)
Kieselerde .	65,72	69,36	62,61	53,48
Thonerde .	18,57	19,26	24,11	26,46
Eisenoxyd .	Spur	0,43	0,30	1,60
Manganoxyd	Spur	"	"	0,89
Kalkerde .	0,34	0,46	2,74	9,49
Magnesia .	0,10	"	0,55	1,74
Kali . . .	14,02	?	0,75	0,22
Natron . .	1,25	10,50	8,89	4,10
	100,00	100,01	99,95	97,98

	Glimmer		Hornblende		Augit.
	Kali-	Magnesia-glimmer	Gemeine	Basaltische	
Kieselerde . .	47,50	40,00	45,69	42,24	50,11
Thonerde . .	37,20	12,67	12,18	13,92	6,68
Eisenoxyd . .	3,20	19,03	"	"	"
Eisenoxydul .	"	"	7,32	14,59	7,55
Manganoxydul	"	"	0,22	0,33	
Manganoxyd .	0,90	0,63	"	"	"
Kalkerde . .	"	"	13,83	12,24	18,66
Magnesia . .	"	15,70	18,79	13,74	15,72
Kali . . .	9,60	5,61	"	"	"
Flußsäure . .	0,56	2,10	"	"	"
Wasser . . .	2,63	"	"	"	"
	101,59	95,74	98,03	97,06	98,72

Die angeführten Mineralien haben, wie man sieht, eine sehr verschiedene Zusammensetzung, ihr Hauptunterschied besteht darin, daß sie entweder Alkalien in größerer oder geringerer Menge enthalten, wie der Feldspath und Glimmer, oder dieser Stoffe unter ihren Bestandtheilen gänzlich entbehren, welches Letztere bei dem Augit und der Hornblende der Fall ist, bei denen dagegen eine bedeutende Menge von Eisenoxydul in die Zusammensetzung eingetreten ist. Die Gegenwart der Alkalien auf der einen Seite, und des Eisenoxyduls auf der anderen, bedingt und zwar aus verschiedenen Ursachen (s. die „Entstehung der Ackerkrume") das allmählige Auseinanderfallen, die Verwitterung dieser Mineralien.

Verhalten der angeführten Mineralien bei der Verwitterung.

Die verschiedenen Arten des Feldspathes verhalten sich unter dem Einfluß des Verwitterungsprozesses sehr von einander abweichend; während nämlich der Kali- und Natronfeldspath, vermöge ihres bedeutenden Gehaltes an Alkalien mit Leichtigkeit sich zersetzen und zu der Bildung mächtiger Thonlager die Veranlassung geben, welche durchdrungen sind von auflöslichen, das Wachsthum der Pflanzen befördernden Mineralsalzen, ist diese Fähigkeit dem Kalk-Natronfeldspath oder Oligoklas schon weniger eigen, und der Labrador widersteht bei weitem am längsten der zerstörenden Einwirkung der atmosphärischen Bestandtheile, welches aus seinem größeren Thon- und geringen Alkaligehalte sich auch ganz natürlich erklärt. Der Glimmer zersetzt sich nur sehr schwierig, gleichfalls wegen seiner vorherrschenden Thonmenge, er findet sich oft noch vollkommen erhalten und mit seinem glänzenden Aussehen in sandigen und thonigen Bodenarten und erdigen Gesteinen, um so mehr, wenn er als Magnesiaglimmer nur wenig Kali in sich aufgenommen hat; aber dennoch löst auch er schließlich sich auf und zerfällt in ganz ähnliche neue Substanzen, wie der Feldspath, nämlich in Thon und auflösliche Alkalisalze. Der Augit und die Hornblende unterliegen einem ganz anderen Verwitterungsprozesse, ihr Zersetzungsprodukt ist ein sehr eisenhaltiger Thon, dessen Beschaffenheit für die Ackerkrume in der Regel durch das gleichzeitige Auftreten einer nicht unbedeutenden Menge Kalkerde und Magnesia wesentlich verbessert wird, namentlich, wenn, wie es gewöhnlich der Fall ist, die Gebirgsarten, welche zum großen Theile aus diesen schwarzen eisenhaltigen Mineralien bestehen, gleichzeitig auch die eine oder andere Feldspathvarietät in sich aufgenommen haben. Der Augit und die Hornblende gebrauchen einen längeren Zeitraum zu ihrer vollständigen Verwitterung, gewöhnlich zerfallen sie zuerst in größere oder kleinere Stücke und Körner, sie bilden einen sogenannten Augitsand,

welcher bei Abwesenheit oder sehr starkem Zurücktreten von feldspath-artigen Mineralien in dem ursprünglichen Muttergestein, ein unfruchtbares Terrain bildet, das nur durch Zuführung von düngenden Stoffen von Außen her zur Ernährung mannigfaltiger Pflanzen befähigt werden kann. Durch die Verwitterung der angeführten Mineralien ist, wie schon früher angedeutet wurde, das ganze Material zu allen den ungeheuren thonigen Bildungen nach und nach geliefert worden, welche in der Form von Thonschiefern, Thonsteinen oder unregelmäßigen Thonlagern auf der Erdoberfläche verbreitet sind.

Die genannten wenigen Mineralien bilden, jedes für sich oder zu zweien und dreien mit einander gemengt, alle die krystallinisch-massigen oder krystallinisch-schiefrigen Gesteine, welche der Mehrzahl nach als die ältesten Gebilde der Erdrinde, die primitiven oder Urgesteine betrachtet werden, im Gegensatze zu den unkrystallinischen, erdigen Massen, welche jene anderen meistens in größerer oder geringerer Mächtigkeit überlagern, und aus deren Verwitterungsproducten gebildet worden sind. Von den

Agronomische Bedeutung des Granit.

krystallinischen Gesteinen ist der Granit besonders verbreitet auf der Erdoberfläche; er ist ein Gemenge von Kali- oder Natronfeldspath, Quarz und Glimmer und giebt bei seiner Zersetzung Veranlassung zu der Bildung eines thonigen fruchtbaren Bodens, dessen Zähigkeit durch Beimengung von Quarz- und Glimmersand oder noch unzersetzten Feldspath- oder Granitstückchen gehoben wird. Der Granit tritt oft in hoch gelegenen Gegenden an die Oberfläche hervor, er bildet oft den Gipfel der Gebirge; in solchen Gebirgsländern oder in nördlichen kälteren Gegenden ist der Granit keineswegs als ein der Cultur günstiges Terrain zu betrachten, da der aus ihm entstandene Boden in solchen Gegenden nur geringe wärmehaltende Kraft besitzt, nur unbedeutende Tiefe der Krume zeigt und oftmals durch die atmosphärischen Wasser einer Auswaschung und Fortschwemmung ausgesetzt ist; dagegen sind die Thäler dieser Gebirgsländer wiederum begünstigt, indem hier mit einer größeren Tiefe der Ackerkrume, im Schutze gegen kalte und rauhe Winde eine üppige Vegetation sich entwickelt, deren Ueberreste dem Boden einen bedeutenden Humusgehalt gewähren, welcher nebst dem zugleich in beträchtlicher Menge vorhandenen Thon außer zu einer erhöhten Absorption der Sonnenwärme, zu der Ansammlung und der Zurückhaltung einer großen Quantität auflöslicher fruchtbarmachender Mineralsalze Veranlassung giebt. Der Granitboden ist, wenn das Klima nicht ungünstig einwirkt, fast durchgängig ein ausgezeichneter

Boden für den Anbau von Halmfrüchten so wie überhaupt für alle Gräser, welche hier oftmals unter dem Einfluß häufiger Niederschläge von Feuchtigkeit vortreffliche Weiden und Wiesen erzeugen; weniger gut gedeihen auf ihm Blattfrüchte, wie namentlich Klee, weil ihm die dazu erforderliche Wärme und auch der das Wachsthum jener Pflanzen so sehr befördernde Kalkgehalt fehlt. Daher thun unter den künstlichen mineralischen Düngmitteln der Mergel und der Kalk für den Granitboden so gute Dienste, weil sie die Kälte und Zähigkeit vermindern und den fehlenden Kalkgehalt zuführen; Gips dagegen wirkt auf die Beförderung des Kleewuchses hier wenig ein, weil zu der günstigen Wirkung dieses Düngmittels durchaus ein lockerer, etwas lehmiger, warmer und unter einem nicht zu kalten Klima gelegener, vor dem Zutritt rauher Nord- und Ostwinde geschützter Boden mit durchlassendem Untergrunde erforderlich ist.

Ganz dieselben Gemengtheile, wie der Granit, enthält auch der rothe Porphyr (Feldstein- oder Thonporphyr), nur daß in der Regel der Glimmer in weit geringerer Menge auftritt und der Feldspath sehr vorherrscht, mit welchem der feinkörnig eingesprengte Quarz ein inniges scheinbar gleichartiges Gemenge bildet, in dem größere Feldspathkrystalle deutlich nach allen Richtungen hin sich ausgeschieden haben. Der rothe Porphyr verwittert noch leichter als der Granit, namentlich wenn der Quarz- oder Kieselgehalt nicht sehr bedeutend ist; die Producte der Zersetzung sind natürlich dieselben und sie liefern das Material zu der Bildung einer thonigen vermögenden, wenn auch etwas schwer zu bearbeitenden Ackererde, jedoch ist hier die Zähigkeit des Bodens oft nicht so bedeutend, als bei der aus dem Granit in den tiefer gelegenen Gegenden entstandenen Ackerkrume, weil der Porphyrthon durch die innige Beimengung von feinkörnigem Quarzsand aufgelockert wird, welche Eigenschaft oft noch durch einen, wenn auch nur geringen, Gehalt an Kalk erhöht wird, der fast immer in kleiner Quantität, sei es in der Form von Fluorcalcium dem Feldspath beigemengt oder die Grundmasse des Porphyrs mechanisch durchdringend in dem hier erwähnten Gesteine auftritt. Zu bemerken ist noch, daß oft an den Porphyr sich die sogenannten Porphyrsandsteine in bedeutender Ausdehnung anlegen, welche ein feinkörniges Gemenge von Quarzkörnern und Feldspathpartikelchen darbieten, und zu der Entstehung einer fruchtbaren, nicht zu zähen und kalten Ackererde Veranlassung geben, welche aber gleichfalls etwas Mangel leidet an Kalk.

Der rothe Porphyr.

Der Gneis. Der Gneis ist das dritte weit verbreitete Gestein, welches aus Quarz, Feldspath und Glimmer besteht, und nur durch seine mehr oder weniger deutlich schiefrige Struktur von den beiden vorher erwähnten Felsarten sich unterscheidet und außerdem fast stets auch durch einen weit bedeutenderen Gehalt an Glimmer ausgezeichnet ist, während der Feldspath und der Quarz oft, wie im Porphyr, zu einem feinkörnigen sehr innigen Gemenge zusammentreten. Hinsichtlich seiner agronomischen Bedeutung verhält er sich dem Granite ganz ähnlich, jedoch mit dem Unterschiede, daß der bedeutende Glimmergehalt als Glimmersand dem Boden eine größere Auflockerung und bedeutendere wärmehaltende Kraft gewährt, welche noch erhöht wird durch die innige Beimengung von Quarzsand und endlich durch die Gegenwart von zerkleinerten Stückchen der unzersetzten Gebirgsart, die natürlich wegen ihrer schiefrigen Beschaffenheit weit leichter, als der massige Granit und Porphyr eine mechanische Zertrümmerung erleidet.

Der Weißstein. An die genannten Gesteine schließt sich zunächst der Granulit oder Weißstein an, ein inniges Gemenge von Quarz mit vorherrschendem Feldspath, welches bei nicht zu hoher Lage stets einen vortrefflichen Ackerboden bildet, besonders da dieses Gestein durch einen größeren oder geringeren Kalkgehalt ausgezeichnet ist, der durch die Gegenwart von Oligoklas oder Kalk-Natronfeldspath bedingt zu sein scheint. Der Glimmerschiefer. Ferner erwähne ich hier des Glimmerschiefers, eines schiefrigen Gemenges von Glimmer und feinkörnigem Quarz; der Glimmerschiefer kommt fast nur in hohen Gebirgsgegenden zunächst unter der Ackerkrume vor, und legt sich in der Regel an die Granit- und Gneisbildungen an, welche oft die höchsten Gipfel der Gebirge ausmachen. Der aus dem Glimmerschiefer entstehende Boden ist wohl wärmer als der Granit-, Gneis- oder Porphyrboden, er schließt sich fast unmittelbar dem reinen Sandboden an, und leidet daher gewöhnlich an zu großer Lockerheit, indem der Glimmer bekanntlich nur sehr langsam dem zerstörenden Einfluß der Atmosphäre unterliegt; wo aber im Glimmerschiefer außer den wesentlichen Gemengtheilen noch Feldspath hinzutritt, also ein Uebergang entsteht zum Gneis, da erhält auch die Ackererde größere Bindigkeit und damit einen höheren Grad von Fruchtbarkeit; der Glimmerschieferboden eignet sich zum Anbau von nur wenigen Feldfrüchten in bedeutender Ausdehnung, nur wo er in tiefere wärmere Gegenden hinabsteigt, nimmt auch die Verwitterung des Glimmers in Folge der höheren Temperatur einen schnelleren Verlauf

und seine Abhänge eignen sich hier namentlich zum Weinbau, zur Cultur einer Pflanze, welche nur eine geringe wasserhaltende Kraft des Bodens erfordert, dagegen eine leichte Erwärmung durch die Sonne und die Gegenwart von auflöslichen Alkalien voraussetzt, Bedingungen, welche hier allerdings erfüllt sind. Endlich ist dieser Boden in Folge seiner physischen Beschaffenheit selbst in bedeutender Erhebung über der Meeresfläche noch dem Anbau der Kartoffel günstig, der Gebirgsbewohner verdankt oftmals seinen Bedarf an diesem wichtigen Nahrungsmittel dem hier erwähnten Gestein. Wegen seiner großen Lockerheit und sehr durchlassenden Beschaffenheit verlangt dieser Boden aber sehr viel Dünger, welches um so mehr der Fall ist, wenn er heftigen und stark austrocknenden Winden ausgesetzt ist.

In dieselbe Klasse der Gesteine gehört hinsichtlich ihrer Zusammensetzung die vulkanische Lava, die sogenannte feldspathige Lava und die fast ebenso zusammengesetzte vulkanische Asche. Die feste oder als Asche fein gepulverte Lava erleidet durch den Verwitterungsprozeß eine schnelle Zersetzung; oft schon wenige Jahre, nachdem diese Stoffe von dem feuerspeienden Berge ausgestoßen worden sind, ist ein Boden gebildet, auf welchem die mannichfaltigsten, am meisten aussaugenden Pflanzen üppig sich entwickeln, oft ohne daß der Boden eine Spur von Humus enthielte; der Humus wird, in Betreff seiner Fähigkeit, die physikalische Beschaffenheit der Ackerkrume zu verbessern, hier gleichsam durch das Gestein selbst ersetzt: die Lava nämlich und die Lavaasche ist sehr porös und hat eben deshalb die Fähigkeit im hohen Grade, Feuchtigkeit aus der Atmosphäre anzuziehen und in sich zurückzuhalten; der Boden wird wegen seiner Lockerheit leicht durch die Sonne erwärmt, und die zu große Auflockerung durch die stetig fortschreitende Verwitterung der feldspathartigen Masse verhindert, während wiederum die Zähigkeit des gebildeten Thones durch die innige Beimengung der fein zertheilten porösen Lava oder der vulkanischen Asche aufgehoben wird. Die Umgebungen der feuerspeienden Berge zeigen im Boden zuweilen einen außerordentlich hohen Grad von natürlicher Fruchtbarkeit. So wird in der Umgegend von Neapel an einigen Orten schon seit Jahrhunderten abwechselnd Weizen, Tabak und einige andere den Boden stark erschöpfende Pflanzen angebaut, ohne daß jemals der Boden durch Zuführung irgend eines Düngers die ausgesogenen Nahrungsstoffe wieder ersetzt erhielte; nur von Zeit zu Zeit werden durch mehrjähriges Brachliegen, unter dem

Die Feldspath-Lava.

Einflusse der Verwitterung neue Mengen des Gesteines aufgeschlossen, und der Boden dadurch wiederum mit auflöslichen Mineralsalzen geschwängert und in Folge dessen aufs Neue befähigt üppige Ernten zu tragen. Die Lava sowie die Asche enthält stets auch Kalkerde beigemengt, welche ebenfalls hier zur Erhöhung der Fruchtbarkeit das Ihrige beiträgt.

Der Grünstein. Verschieden von den bisher angeführten Felsarten hinsichtlich der Zusammensetzung und ihrer Einwirkung auf die Beschaffenheit der Ackerkrume, ist eine andere Classe von ebenfalls weit verbreiteten Gesteinen, welche sämmtlich in Folge der Beimengung von Augit und Hornblende mehr oder weniger dunkelgrün, oft fast schwarz gefärbt sind und unter dem allgemeinen Namen der Grünsteine zusammengefaßt werden können. Die Bodenarten, welche diese Gesteine mit einer dünneren oder dickeren Schicht überziehen, zeigen fast durchgängig eine geringere Fruchtbarkeit als jene vorher beschriebenen, zum Theil, weil diese dunkel gefärbten Mineralien an sich schon dem zerstörenden Einflusse der Atmosphäre größeren Widerstand leisten, theils weil der Augit und die Hornblende durchaus frei von alkalischen Bestandtheilen sind, besonders aber, weil die mit diesen Mineralien gemengte feldspathartige Substanz selten bedeutende Mengen von Kali enthält, sondern entweder ein reiner Natronfeldspath (Albit) mit geringen Spuren von Kali, oder als Kalkfeldspath (Labrador) erkannt worden ist. Man unterscheidet unter diesen schwarzen Felsarten namentlich zwei verschiedene Gesteine, nämlich den Grünstein im engeren Sinne oder den Diorit, ein gröberes oder feineres (Aphanit) Gemenge von Hornblende und Albit, und den Dolerit, ein Gemenge von Augit und Labrador; das letztere Gestein nimmt sehr häufig eine porphyrartige Struktur an und heißt dann schwarzer Porphyr, Melaphyr, Augitporphyr oder Trappporphyr. In agronomischer Hinsicht hat von beiden Gesteinen der Diorit den höchsten Werth; der Albit erleidet ziemlich leicht eine Zersetzung, welche freilich durch das schwierigere Auseinanderfallen der Hornblende etwas verlangsamt wird; der Natrongehalt des Albit hat schon an sich oftmals die Vegetation fördernde Eigenschaften, welche noch wesentlich durch das niemals vollständig fehlende Kali unterstützt werden; die Zähigkeit des aus dem Albit und der Hornblende abgeschiedenen Thones aber wird ermäßigt durch die gleichzeitig aus der Hornblende in bedeutender Menge in die Ackerkrume übergehende Kalkerde und Magnesia, so wie nicht weniger durch die sandige Beschaffen-

heit, welche der Boden in Folge der mechanischen Zertrümmerung dieser Gebirgsart in der Regel anzunehmen pflegt. Diese Beimengung der größeren oder kleineren Stückchen der noch nicht völlig zerfallenen dunkel gefärbten Gebirgsart bewirkt außerdem noch, daß die Temperatur der Erde bedeutend erhöht wird und diese eine große wärmehaltende Kraft erhält, alles Eigenschaften, welche bei ihrer Zusammenwirkung zu der Entstehung einer fruchtbaren Ackerkrume Veranlassung geben können. Die schwarzen Gebirgsarten im Allgemeinen verdanken ihre dunkle Farbe dem Gehalte einer oft sehr bedeutenden Beimengung von Eisenoxydul, welches bei der Verwitterung theilweise in Eisenoxyd übergeht, wodurch die Ackerkrume eine selbst dunkelbraunrothe Farbe erhält; das Eisenoxydul in seinem freien nicht mehr mit Kieselerde verbundenen Zustande darf nicht in bedeutender Menge in einer Ackerkrume vorhanden sein, wenn diese auf Fruchtbarkeit Anspruch macht, weil durch dasselbe der in die Erde eindringende Sauerstoff vollständig absorbirt werden würde, also nicht, wie es zum Gedeihen der Pflanze erforderlich ist, mit den Wurzeln und besonders mit den zuerst sich entwickelnden Keimen in Berührung treten könnte. Die Gegenwart von Eisenoxydul in den tieferen Schichten der Ackerkrume oder des Untergrundes ist zum großen Theil die Ursache, weswegen beim tiefen Umbrechen des Ackers dieser erst eine Zeit lang dem oxydirenden Einfluß der Atmosphäre ausgesetzt werden muß, ehe er im Stande ist, eine gute Ernte hervorzubringen. — Der Dolerit oder der Augitporphyr ist in seinen Zersetzungsproducten, und also in seiner Einwirkung auf die sich bildende Ackerkrume bei weitem weniger vortheilhaft, als der Diorit. Die Gemengtheile des Dolerit, der Augit sowohl als besonders der Labrador, verwittern nur äußerst langsam, und liefern fast gar keine auflösliche alkalische Salze; der Dolerit zerfällt in der Regel nur mechanisch in Trümmer und bildet eine fast gänzlich unfruchtbare, zum großen Theile aus Augitsand bestehende Ackerkrume. Ganz ebenso, und vollständig entgegengesetzt der feldspathreichen Lava, verhält sich die sogenannte augitische Lava, welche der Hauptsache nach ebenfalls ein inniges Gemenge von Augit und Labrador darstellt und wo sie die Oberfläche des Landes bedeckt, oft noch Jahrhunderte und selbst Jahrtausende nach ihrem Hervortreten aus den feuerspeienden Bergen, ein Bild trostloser Unfruchtbarkeit gewährt. Dagegen haben wir in dem Basalte eine Gebirgsart, welche außer dem Augit eine bedeutende Menge von Natronfeldspath oder eines demselben ähnlich zusammengesetzten, aber wasserhaltigen

Der Augitporphyr.

Die augitische Lava.

Minerales enthält, und welche daher hinsichtlich ihrer Zersetzungsproducte fast ganz analog sich verhält dem vorher beschriebenen Diorit oder Grünstein im engeren Sinne des Wortes; nur ist der Basalt dem Wachsthum der Pflanzen in der Regel noch günstiger als jene Felsart, weil er vermöge seines Wassergehaltes leichter der Verwitterung unterliegt, auch meist größere Quantitäten von Kali und von Kalkerde in sich aufgenommen hat. Jedoch bildet der Basalt meistens nur kegelförmige mehr oder weniger hohe einzeln stehende Berge und hat keine so große Verbreitung, als dieses bei dem Diorit und dem schwarzen Porphyr der Fall ist.

Der Syenit. Schließlich erwähne ich noch ein krystallinisches Gestein, den Syenit, ein granitartiges Gebilde, in welchem der Glimmer und der Quarz zum großen Theile durch Hornblende verdrängt worden sind, die mit dem vorherrschenden Kalifeldspath ein grobkörniges Gemenge bildet. Der Syenitboden wird, wo er eine hinreichende Tiefe besitzt und in dem Zustande ziemlich vollständiger Zersetzung sich befindet, ein etwas zäher Thonboden sein, dessen physikalische und chemische Beschaffenheit jedoch durch einen oft nicht unbedeutenden Gehalt an Kalk (aus der Hornblende herstammend) gehoben wird, und der reich ist an düngenden auflöslichen Mineralsalzen. Der Syenit- und Basaltboden geben sich oft schon durch das üppigere Wachsthum verschiedener Kalkpflanzen zu erkennen, welche auf dem Granit-, Gneis-, Porphyr- und Glimmerschieferboden in deren natürlichem Zustande nicht gedeihen; ebenfalls ist die Zusammensetzung des Syenit- und Basaltbodens mit der Beobachtung, daß beide, namentlich in Gebirgsgegenden, in nassen Jahren unsichere, in warmen jedoch und mäßig feuchten sehr reichliche Ernten liefern, keineswegs im Widerspruch.

Nach dieser Auseinandersetzung des Verhaltens der verschiedenen, vorzugsweise verbreiteten, krystallinischen Gebilde auf die Beschaffenheit der sie bedeckenden Ackerkrume, gehe ich über zu einer kurzen Betrachtung des

2. Einflusses der erdig-schiefrigen, unkrystallinischen Gesteine auf die Güte der Ackerkrume

und zwar ganz besonders zu der Betrachtung dessen, was diese Gesteine in dieser Hinsicht Allgemeines darbieten, indem nur wenige speciellere Bemerkungen über die einzelnen älteren oder jüngeren Gebirgsfor-

mationen gelegentlich beigefügt werden können. Alle erdigen, unkrystallinischen oder amorphen Gesteine sind in Betreff ihrer Zusammensetzung im Wesentlichen nur dreierlei Art, nämlich entweder Thon, Sand oder Kalk, also die drei Substanzen, welche zusammen im geeigneten Verhältnisse mit einander gemengt, die vorherrschenden Bestandtheile einer fruchtbaren Ackerkrume ausmachen, jede für sich allein aber einen Zustand völliger Unfruchtbarkeit erzeugen würde. Der zähe, reine Töpferthon, welcher mit der Pflugschar kaum, weder im trocknen noch im nassen Zustande, zu durchdringen ist, beim Austrocknen in Folge der großen Volumensverminderung zerrissen und zerklüftet erscheint und gleichsam wie ein hartes Gestein dem Hervortreten der ersten Keime und der Ausdehnung der zarten Wurzelfasern unüberwindliche Hindernisse entgegensetzt, — ein solcher Thon ist ebenso wenig culturfähig, wie der Flugsand, welcher so wenig Bindigkeit hat, daß er von jedem Winde fortgeführt wird und nicht im Stande ist, die Feuchtigkeit längere Zeit in sich zu bewahren und der wachsenden Pflanze stets dieselbe nach Bedürfniß darzubieten; auch der reine Kalk verhält sich wenig anders als der unvermischte Quarzsand in physikalischer wie in chemischer Hinsicht, auch er vermag nicht für sich allein eine fruchtbare Ackerkrume zu erzeugen.

Der **Kalk** kommt fast niemals für sich im reinen Zustande vor, fast alle Sorten desselben sind mit größeren oder geringeren Quantitäten von Thon vermischt und alle erzeugen daher einen lehmigen Kalkboden, der in Folge seines Thongehaltes auch mit auflöslichen alkalischen Salzen durchdrungen ist, welche stets mit dem Thon zusammen auftreten. Selbst die Schreibekreide, die eine der reinsten Varietäten des Kalksteins ist, enthält immer geringe Mengen von Thon; die Schreibekreide kann aber auch wegen ihrer großen Zertheilung, wegen ihrer Porosität in der That, wie es scheint, den Thon in physikalischer Hinsicht theilweise ersetzen; sie giebt dem Boden eine größere wasserhaltende Kraft und gestattet in Folge dessen die Ansammlung einer oft bedeutenden Menge von Humus, wodurch in diesem Falle die Bindigkeit des Bodens erhöht, die Menge der zurückgehaltenen Alkalisalze vermehrt wird; dieser Eigenschaft ist es zuzuschreiben, daß man zuweilen die Kreidefelsen mit schönen Laubwaldungen überzogen, mit fruchtbaren Saatfeldern bedeckt sieht, namentlich wo die Nähe des Meeres durch seine Wasserausdunstung der geringen wasserhaltenden Kraft zu Hülfe kommt, trotzdem daß die Mischung des Bodens für sich eigentlich nur für kaliarme und auf einem trocknen Terrain

Der Kalkstein.

gedeihende Pflanzen geeignet erscheint. So findet man auch im Innern des Landes und in trockner Lage die Kalkfelsen, wenn sie nicht hinreichende Mengen von Thon enthalten, vorzugsweise nur mit Nadelholz bewachsen, während die mehr Kali erfordernden und an die Gegenwart einer größeren Menge Feuchtigkeit gebundenen Laubhölzer nicht mehr gedeihen. Der Ur- und Uebergangskalk enthält nicht unbedeutende Mengen von Thon, der Zechstein ist ebenfalls ausgezeichnet durch das Vorkommen des Thones, noch mehr aber der Muschelkalk und ganz besonders der Jurakalk, welcher zuweilen 20 und selbst 40—50 Proc. Thon enthält, dagegen der Kreidekalk, sowie die neuesten tertiären Kalkbildungen in der Regel wieder ärmer an dieser Substanz sind, niemals aber, wie schon angeführt, dieselbe gänzlich entbehren. Der Kalk ist bekanntlich, wo er als Kalksand auftritt oder im ganz fein zertheilten Zustande die Ackerkrume durchdringt, ein in physikalischer Hinsicht außerordentlich günstig wirkender Bestandtheil, wie er auch in chemischer Hinsicht unmittelbar als mineralisches Nahrungsmittel verwendet wird, oder durch seine zersetzende Einwirkung auf den Thon sowohl die in demselben gebundene Kieselsäure, wie auch die von demselben zurückgehaltenen Alkalisalze in den freien, auflöslichen und von der Pflanze aufnehmbaren Zustand überführt. Wie der Kalk in der Form eines fein zertheilten Pulvers in physikalischer Hinsicht den Thon in der Ackerkrume zum Theil zu ersetzen vermag, so besitzt er als gröberer Kalksand in noch höherem Grade die Fähigkeit, die Stelle des Quarzsandes zu vertreten, er giebt dem Thone größere Auflockerung, bedingt ihm eine höhere wärmehaltende Kraft und macht daher seinen nassen Zustand weniger dem Wachsthum der Pflanzen schädlich, welches um so nothwendiger ist, wenn, wie es namentlich in höher gelegenen Gegenden oftmals der Fall ist, ein solcher Boden durch einen großen Reichthum an Humus sich auszeichnet und fast gänzlich frei ist von Quarzsand; ein solcher lehmiger Kalkboden vermag, wie das oben angeführte Beispiel der Ackererde von der schwäbischen Alp beweist, oft noch schöne Getreideernten zu produciren, Laubhölzer zu ernähren und verschiedene Kleearten in üppiger Vegetation gedeihen zu lassen, ungeachtet die hohe, schon kalte Lage unter anderen Umständen, besonders der Entwicklung der letzteren feindlich entgegentreten würde. Der kalkhaltige Boden ist gewöhnlich reich an Humus, geeignet in der Regel zur Erzeugung der verschiedensten Culturpflanzen, namentlich auch der Blattfrüchte, wie Erbsen, Klee, Esparsette, Luzerne u. s. w., weil er

bei leichter Erwärmung, hinreichender Lockerheit, eine bedeutende wasserhaltende Kraft und oft auch einen durchlassenden Untergrund besitzt. Der Kleewuchs wird auf Kalkboden, trotz des hohen Gehaltes an Kalk, durch Zuführung von Gips noch beträchtlich erhöht, besonders wenn der Acker bei tiefer Krume, warmer Lage, in guter Kraft und reich an humosen Bestandtheilen ist, zum Beweise, daß der Gips nicht allein durch seinen Kalkgehalt das Wachsthum der kleeartigen Gewächse befördert und beschleunigt.

Der Thon, wo er als Gebirgsart auftritt, sei es als Thonschiefer, Thonstein, Letten oder Thonlager, enthält stets, wie wir gesehen haben, für die auf seiner Oberfläche entstehende Ackerkrume eine reichliche Quelle natürlicher Fruchtbarkeit, theils durch seinen Kaligehalt (1 bis 4 Proc.), theils dadurch, daß er die Ansammlung von Humus begünstigt. Der Thonschiefer hat eine sehr bedeutende Verbreitung über die Erdoberfläche, er findet sich oft in höheren und niederen Gebirgen und erstreckt sich zuweilen noch bis ins ebene Land hinein. Der Thonschiefer bildet je nach seiner Zusammensetzung eine etwas verschiedene Ackerkrume; in seinen reinsten Varietäten giebt er zu der Entstehung eines höchst zähen, nassen, kalten, fast gänzlich der Cultur unfähigen Bodens Veranlassung; in der Regel jedoch enthält der Thonschiefer eine größere oder geringere Menge von feinen Quarzkörnern beigemengt, wodurch natürlich bei der Verwitterung die Zähigkeit des Thones etwas gehoben wird; ebenfalls wird diese Consistenz vermindert durch den Gehalt einer oft nicht unbeträchtlichen Quantität von Kalkerde und Magnesia (6 Proc. und mehr), sowie dadurch, daß die Ackerkrume in den Thonschiefergegenden stets mit Stücken von hartem noch nicht verwittertem Gestein gemengt ist, welche Steine allerdings manchmal in so bedeutender Menge auftreten, daß sie dadurch wiederum nachtheilig wirken und dem Eindringen der Ackerwerkzeuge zu großen Widerstand entgegensetzen; in passender Menge und Größe aber vorhanden geben sie, unterstützt von der gewöhnlich dunklen Farbe des Thonschiefers, dem Boden die Fähigkeit, durch die Sonne mehr erwärmt zu werden und die aufgenommene Wärme länger zurückzuhalten, Eigenschaften, welche das schnellere Austrocknen des sonst zu nassen und kalten Bodens begünstigen. Alles zusammengenommen wird der Thonschiefer in der Regel einen vermögenden, reichen Boden bilden, der allerdings manchmal schwierig zu bearbeiten ist; die Fruchtbarkeit des Thonschieferbodens nimmt zu mit einer tieferen, wärmeren Lage, in welcher die Abhänge

der Felsen zu der Anlage von Weinbergen ausgezeichnet geeignet sind, wegen des großen Kaligehaltes des Gesteins und wegen seiner leichten und hohen Erwärmung durch das Sonnenlicht. In höherer, kälterer Lage werden jedoch oftmals die dem Pflanzenwachsthum günstigen Eigenschaften des Thonschieferbodens durch die nachtheiligen völlig aufgehoben und überwogen, und seine Culturfähigkeit erstreckt sich bei weitem nicht so hoch hinauf, als die des Kalk- und leichteren, aber wärmeren Sandbodens, um so weniger, wenn der Thonschiefer nur geringe Quantitäten von Quarzkörnern, sowie von Kalk und Magnesia beigemischt enthält. Der Thonstein ist eine harte, consistente Thonmasse, welche namentlich in dem Steinkohlengebirge und auch in der Nähe von plutonischen Gesteinen zuweilen auftritt, und seine jetzige Beschaffenheit durch Einwirkung des Feuers auf den ursprünglichen Thon oder Thonschiefer erhalten hat; wo er sich nahe der Erdoberfläche vorfindet, bildet er einen den Ackerbau sehr begünstigenden Boden, da die schädlichen Eigenschaften des zähen Thones hier durch die Gegenwart des mechanisch zertrümmerten, sandigen Gesteines verschwunden sind und dennoch der Thon durch seinen Gehalt an Alkalien die natürliche Fruchtbarkeit vermehrt. Der gewöhnliche Thon oder Lehm, welcher hinsichtlich der Zeit seiner Ablagerung zu den neuesten, den sogenannten tertiären und quaternären Gebilden der Erdrinde gehört, hat bekanntlich sehr abweichende Eigenschaften und auf die Fruchtbarkeit der Ackerkrume eine sehr verschiedene Einwirkung, je nachdem er mehr oder weniger mit Sand und Kalk gemengt ist; er bedeckt nebst dem Sande das flache oder nur wenig hügelige Land und hat hier vorzugsweise zu der Entstehung einer fruchtbaren Ackerkrume beigetragen.

Der Sandstein. Der Sandstein verhält sich dem Thon und Kalk ganz ähnlich, er kommt fast niemals völlig rein und unvermischt vor, wenn gleich dieses im höheren Grade manchmal der Fall ist, als bei anderen Gesteinsbildungen; die Körner des Sandsteins sind in der Regel durch ein thoniges, eisen- und kalkhaltiges Bindemittel mit einander verbunden, und oftmals bestehen sie selbst aus Mineralien, welche bei ihrer Verwitterung zu der Entstehung neuer Thonmassen Veranlassung geben. Die angegebenen günstig für die Beschaffenheit der Ackerkrume wirkenden Eigenschaften sind den älteren Sandsteinen in höherem Grade eigen, als den jüngeren, und jene bilden, namentlich in Gebirgsgegenden, in der Regel eine noch fruchtbare Ackerkrume in Höhen, deren kalte Lage den Anbau des Thonschieferbodens nicht mehr gestattet, und zwar scheint

dieses besonders bei den grobkörnigen, conglomeratartigen Sandsteinen der Fall zu sein, welche dem Boden eine leichtere Durchwärmung und eine größere wärmehaltende Kraft gewähren, wogegen die geringe wasserhaltende Kraft in hoher, feuchter Gebirgslage nicht schädlich werden kann. Von den ältesten Sandsteinen ist der sogenannte Grauwacken- oder Uebergangssandstein fast durchgängig mit einer sehr fruchtbaren Ackerkrume bedeckt; er enthält nicht allein wechselnde Quantitäten von Thon, sondern ist auch gewöhnlich ausgezeichnet durch einen Gehalt an Kalk, welcher oft sogar in einzelnen Lagern, Nestern oder Schnüren sich ausgeschieden hat; außerdem trägt auch die meist dunkle Farbe dieses Sandsteins zu der Erhöhung der Fruchtbarkeit bei. Der alte rothe Sandstein, wie auch besonders das rothe Todtliegende ist ebenfalls durch seinen Thon- und oft auch Kalkgehalt der Entstehung einer fruchtbaren Ackerkrume günstig, namentlich das letztere Gestein, welches häufig unter seinen Gemengtheilen Trümmer des rothen Porphyrs enthält, die bei ihrer Verwitterung Produkte liefern, welche das Wachsthum und Gedeihen der Pflanzen in hohem Grade befördern. Die rothe Farbe dieser Sandsteine giebt Zeugniß von der vollständigen Oxydation des in denselben enthaltenen Eisens; die Gegenwart von Eisenoxydul kann daher in den hier entstandenen Bodenarten keinen nachtheiligen Einfluß ausüben; die dunkle rothe Färbung des Bodens befördert außerdem die größere Erwärmung durch das Sonnenlicht, dagegen können die häufig in sehr großer Menge gegenwärtigen größeren oder kleineren Kieseln der Bearbeitung hinderlich werden. Im sächsischen Erzgebirge hat man die Erfahrung gemacht, daß das Rothliegende vorzugsweise den Futterbau, also die Blattbildung begünstigt, eine Erscheinung, welche in der Gegenwart einer großen Quantität von auflöslichen oder doch leicht in den auflöslichen Zustand übergehenden Alkalien sehr wohl ihre Ursache haben kann. Der bunte und auch der Keuper-Sandstein ist bekanntlich reich an Thonletten und Mergeln, welche entweder mit den sehr feinkörnigen Sandsteinen in dünnen Schichten wechsellagern oder die ganze Masse derselben zuweilen in so hohem Maaße durchdringen, daß die aus ihnen entstandene Ackerkrume manchmal wegen eines zu großen Thongehaltes und in Folge des sehr fein zertheilten Quarzsandes an Nässe und Zähigkeit leidet; in der Regel jedoch sind diese Gesteine die Ursache der Bildung eines überaus fruchtbaren warmen kalkhaltigen Lehmbodens mit einem durchlassenden Untergrunde. Das Sandsteingebilde der Kreideformation,

der sogenannte Grünsand, enthält allerdings eine geringere Menge Thon unter seinen Bestandtheilen; es ist dieselbe aber schon völlig ausreichend, um der dieses Gebilde bedeckenden Ackerkrume den nöthigen Grad der Bindigkeit und von wasserhaltender Kraft mitzutheilen. Die Erscheinung, daß die Grünsand-Terrains vorzugsweise häufig mit einer üppigen Vegetation geschmückt sind, ist auch dadurch erklärlich, weil dieses Gestein in den ihm beigemengten grünen Partikelchen oft eine bedeutende Menge von Phosphorsäure, Kalk und Kali enthält, welche Substanzen dem Boden einen hohen Grad natürlicher Fruchtbarkeit gewähren müssen. Der Quadersandstein, ein dem Grünsande im Alter fast parallel stehendes Gebilde, enthält meist noch weniger Thon beigemischt, bisweilen sogar besteht er aus fast reinem Quarzsande; er vermag daher auf seinem Plateau nur Nadelhölzer gedeihen zu lassen und andere Pflanzen, welche wenig Kali in sich aufnehmen und eine nur geringe wasserhaltende Kraft des Bodens erfordern; in den Thälern jedoch, welche das Terrain des Quadersandsteines oft nach verschiedenen Richtungen durchschneiden, entwickelt sich eine üppige Vegetation, sie sind bedeckt mit herrlichen Fluren, indem hier die oft tiefe Ackerkrume von den lehmigen, aus dem Gesteine nach und nach ausgeschlämmten Substanzen gebildet worden ist, verbessert durch die Absetzung des oft aus fernen Gegenden herbeigeführten Flußschlammes, während die geschützte Lage, die Wärme, welche der umgebende Sandstein von der Sonne absorbirt und dem Erdboden mittheilt, und endlich ein durchlassender Untergrund nicht wenig zu der Erhöhung der Fruchtbarkeit dieser Gegenden beitragen. Die tertiären Sandsteine und losen Sandlager, welche einen großen Theil des flachen Landes bedecken, bieten unter verschiedenen Umständen und Verhältnissen zu große Abweichungen hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Beschaffenheit der Ackerkrume dar, als daß sie hier im Allgemeinen eine nähere Charakteristik gestatteten.

D. Die klimatischen Verhältnisse und deren Bedeutung für das Pflanzenleben.

a. Allgemeine Bedingungen klimatischer Verschiedenheit.

Das Klima eines Landes ist abhängig von der mittleren Temperatur des Jahres, wie der Jahreszeiten und der einzelnen Monate, ferner von dem Gehalte der Luft an Feuchtigkeit oder der jährlich fallenden

Regenmenge und der Quantität, in welcher sie auf verschiedene Zeiten des Jahres vertheilt ist, endlich von der vorherrschenden Richtung der Winde.

1. Die Wärme. Die Vertheilung der Wärme über die Erdoberfläche ist von dem wesentlichsten Einfluß auf die Entwicklung des organischen Lebens überhaupt. Die tropische Natur bringt ganz andere Organismen hervor, als sie in den gemäßigten Zonen auftreten, und hier ist wiederum die lebendige Welt gar sehr verschieden von derjenigen, welche den kalten Zonen des Erdballs eigenthümlich ist. Ganz besonders natürlich muß die an eine kleine Scholle Landes unbeweglich gebundene Pflanze den Einwirkungen der so sehr verschiedenen Temperaturverhältnisse unterworfen sein; wo die mittlere Temperatur des Jahres an einem Orte von derjenigen eines anderen nur um 1°, ja sogar um $^1/_2$° abweicht, sehen wir in Folge dieser Temperaturverschiedenheit oftmals die Vegetation wesentliche Veränderungen erleiden, und Pflanzen, welche dort in üppiger Fülle sich entwickelten, hier gänzlich verkümmern und verschwinden, während dagegen andere an deren Stelle treten. Wenn die ganze Oberfläche der Erde gleichmäßig und bis zu derselben Tiefe mit Wasser bedeckt wäre, oder wenn die Vertheilung des festen Landes überall auf der Erde ganz gleichförmig wäre, auf der nördlichen wie auf der südlichen, auf der östlichen, wie auf der westlichen Halbkugel, wenn dieses trockne Land überall dieselben Umrisse besäße und gleichgestaltet wäre, wenn es überall gleich hoch über die Oberfläche des Meeres sich erhöbe und von gleicher Gesteinsbeschaffenheit wäre, — so würde im Allgemeinen die mittlere Temperatur des Jahres in der Weise regelmäßig eine niedrigere werden, als man von dem Aequator der Erde sich entfernte, den Polen sich näherte, und Orte, welche in gleicher geographischer Breite zwischen Aequator und Pol lägen, müßten auch ein gleiches Klima haben, indem die Sonnenstrahlen dann, je nach ihrem mehr oder weniger schrägen Einfallen nach einem einfachen Gesetze verschiedene, aber überall in gleichen Breiten dieselben Wirkungen auf die Erdoberfläche äußern würden. Da die plastische Gestaltung der Erdoberfläche aber eine sehr verschiedenartige ist, so sehen wir aus diesem Grunde auch die klimatischen Verhältnisse, oder zunächst die mittlere Temperatur des Jahres unter denselben Breitengraden vielfachen und bedeutenden Abweichungen unterworfen. So fällt z. B. der Wärmeäquator, oder die Linie, welche die heißesten Punkte der Erdoberfläche mit einander verbindet, keineswegs mit dem Erdäquator zusammen, sondern

Die Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche.

Linien gleicher Jahreswärme.

liegt zum größten Theile nördlich von dem letzteren und bezeichnet eine mittlere Jahrestemperatur von beinahe + 28° C.; die Linie, welche die Punkte verbindet, deren mittlere Temperatur + 15° C. ist, geht durch Neu-Californien gegen die Azoren und erreicht Europa an der Gränze von Spanien und Portugal, geht dann durch den römischen Staat nach dem kaspischen Meere, senkt sich hierauf nach Süden und erreicht Asiens Ostküste in der Insel Niphon. Die Jahrestemperatur von + 10° C. geht von der Westküste Amerika's in New-Albion nach New-York (41° nördl. Breite), hebt sich da nördlich und erreicht ihre größte Breite bei London (52° n. Br.), zieht sich von da bei Frankfurt (50° n. Br.) und Wien (48°) vorbei gegen Astrachan (46°) und erreicht in der Wüste Schamo (42° n. Br.) ihren südlichsten Scheitelpunkt. Diese Linien gleicher Jahreswärme oder Isothermen haben im Allgemeinen zwei nördliche und zwei südliche Scheitelpunkte, von denen die beiden letzteren im östlichen Nordamerika und im Inneren von Asien liegen, die ersteren dagegen durch die Westküsten von Europa und Amerika bezeichnet werden. Europa also und das westliche Amerika sind in gleichen Breiten in der Regel bedeutend wärmer als das östliche Amerika und besonders das innere Asien. Ebenso ist weder in der alten noch in der neuen Welt die Wärmeabnahme der zunehmenden geographischen Breite proportional; sie ist vielmehr zwischen 40° und 50° nördlicher Breite ungleich bedeutender, als weiter südlich in der Nähe des Aequators, und weiter nördlich den Polen zu. „In beiden Welten," sagt Humboldt, „liegt die Zone, in welcher die mittlere Temperatur am schnellsten abnimmt, zwischen den Parallelen von 40° und 50°. Dieser Umstand muß einen günstigen Einfluß auf die Bildung und den Kunstfleiß der Völker haben, welche in der Nähe dieses Gürtels wohnen. Es ist der Punkt, wo die Regionen des Weinstocks an die des Oliven- und Citronenbaumes gränzen. Nirgends anders auf der Erde findet man von Süden nach Norden eine merklichere Abnahme der Temperaturen, nirgends folgen die Erzeugnisse des Pflanzenreiches und die mannichfaltigen Gegenstände des Ackerbaues schneller auf einander. Die große Verschiedenheit in den Erzeugnissen der Gränzländer belebt den Handel und vermehrt den Gewerbfleiß der ackerbauenden Völker."

Temperatur der Jahreszeiten und Monate.

Ungleich wichtiger für die Entwicklung der Vegetation, als die Jahrestemperatur ist die mittlere Wärme der einzelnen Jahreszeiten, ja der verschiedenen Monate selbst. Der Wechsel der Temperatur und deren Abweichungen in den verschiedenen Jahreszeiten, so wie die damit

im engen Zusammenhange stehende Zunahme oder Abnahme der Tageslänge wird mit der Entfernung vom Aequator immer auffallender. Während zwischen den Wendekreisen das ganze Jahr Sommer ist, findet man in Frankreich und dem südlichen Deutschland jenen schönen gleichmäßigen Uebergang der Extreme in einander durch Frühling und Herbst; in Ost-Preußen ist der Frühling schon sehr kurz, aber weiter nach Norden fehlt er ganz. Unter dem Aequator selbst ist Tag und Nacht das ganze Jahr hindurch gleich, Tag wie Nacht stets 12 Stunden lang, und hier kann daher in den verschiedenen Jahreszeiten auch kein bedeutender Wechsel der Temperaturverhältnisse stattfinden, weil die Wärmemenge, welche während des Tages von der Sonne der Erde zugeführt wird, das ganze Jahr eine fast gleich große bleibt, ebenso wie der Verlust an Wärme, welchen die dortigen Gegenden durch Ausstrahlung, durch Abkühlung während der Nacht erleiden, in allen Zeiten des Jahres ein gleichmäßiger sein muß. In höheren Breiten jedoch wird in den kurzen Wintertagen durch die sehr schräg einfallenden Sonnenstrahlen eine nur geringe Wärmemenge dem Erdboden zugeführt und eine bedeutende Temperaturerniedrigung durch die ungleich größere Wärmeausstrahlung während der langen Nächte hervorgebracht; während des Sommers wird dagegen durch die längere Dauer des Tages der Verlust an Wärme wieder ersetzt, welcher durch die geringere Intensität der schräger, als in südlicher gelegenen Ländern, einfallenden Sonnenstrahlen bedingt ist. Daher kommt es, daß sehr nördlich gelegene Gegenden oftmals eine nur wenig geringere mittlere Sommerwärme besitzen, als wie sie den unter ungleich südlicheren Breitengraden befindlichen Orten eigenthümlich ist; nur ist es natürlich, daß die Wärme im Norden wegen der kürzeren Dauer des Sommers, auch auf eine weit kürzere Zeit concentrirt ist, als im Süden, so daß die Vegetation dort zuweilen in dem Zeitraum von 3 Monaten alle die verschiedenen Phasen des Pflanzenlebens, des Keimens, Wachsens, Blühens und Reifens durchlaufen muß, wozu derselben in den südlicheren Ländern die weit längere Dauer von 5 bis 7 Monaten eingeräumt ist. Es erhebt sich an heißen Sommertagen die Temperatur z. B. in Petersburg oft sehr hoch, zuweilen bis auf + 30°, während dagegen im Winter auch die Temperatur wiederum sehr tief herabsinkt und so mit der großen Verschiedenheit der Jahreszeiten eine ungleich niedrigere Jahreswärme hervorbringt, als dies bei der mehr gleichförmigen Wärmevertheilung südlicherer Striche der Fall ist. Die Westküste des südlichen Theiles von Norwegen,

Linien gleicher Winter- und Sommerwärme.

Dänemark, ein Theil von Böhmen und Ungarn, Siebenbürgen, Bessarabien und die Südspitze der Halbinsel Krim haben gleiche mittlere Wintertemperatur von 0°; Böhmen hat aber einen gleich warmen Sommer mit dem Ausflusse der Garonne und in der Krim ist der Sommer noch weit wärmer. Dublin hat eine gleiche mittlere Wintertemperatur, nämlich 5°, mit Nantes, Oberitalien und Constantinopel und gleiche mittlere Sommerwärme mit Drontheim und Finnland. Die Orte, welche auf der Linie liegen, die sich von dem Ausflusse der Garonne ungefähr über Straßburg und Würzburg nach Böhmen, der Ukraine, dem Lande der Donischen Kosacken hinzieht und etwas nördlich am Caspischen Meere vorbeigeht, haben die gleiche mittlere Sommerwärme von 20°; dagegen ist die Wintertemperatur derselben Orte gar sehr verschieden: an der Westküste von Frankreich ist sie + 5°, in Böhmen 0°, in der Ukraine — 5° und etwas nördlich vom Caspischen Meere gar — 10°.

Wärme der Monate in Deutschland.

Fast ohne Ausnahme ist für ganz Deutschland der Januar der kälteste Monat, der Juli der heißeste, und fast ebenso regelmäßig fällt die mittlere Jahrestemperatur in die letzte Hälfte des Aprils und des Octobers. Vom Januar nimmt die Lufttemperatur langsam bis zum März zu, steigt dann rasch bis zum Juni und erhält sich mit einer mäßigen Steigerung im Juli auf derselben Höhe bis zum September, um von da in gleichmäßig raschem Fallen zum tiefsten Stande des Januar zurückzukehren. Ueberblickt man die Jahresmittel, so sind sie trotz des beträchtlichen Unterschiedes der geographischen Breite zwischen Nord- und Süddeutschland auffallend gleich (ungefähr 9°—10°), indem der Einfluß der niedrigeren Breite für Süddeutschland durch eine durchgängig bedeutendere Meereshöhe beinahe ausgeglichen wird (Schmidt).

Einfluß der abweichenden Temperaturverhältnisse auf die Vegetation.

An mehreren Orten Sibiriens, z. B. in Jakuzk, wo die mittlere Jahrestemperatur — 9,7° ist, die mittlere Wintertemperatur aber — 38,9° und die mittlere Sommerwärme + 17,2° beträgt, gedeiht während des kurzen, aber heißen Sommers Weizen und Roggen auf einem Boden, welcher in einer Tiefe von 3 Fuß beständig gefroren bleibt, während auf der Insel Island, bei ungleich höherer Jahrestemperatur (+ 4°) und bei einer unbedeutenden Winterkälte (— 1,6°) Cerealien nicht mehr gebaut werden können, weil die niedrige Sommertemperatur nicht hinreicht, sie zur Reife zu bringen. Im nordöstlichen Irland, wo im Winter kaum Eis friert, in gleicher Breite mit Königsberg, gedeiht die Myrthe so kräftig wie in Portugal, auf den Küsten von

Devonshire überwintert die Camellia und Fuchsia im Freien; der Winter in Plymouth ist nicht kälter als in Florenz und Montpellier; der Weinbau gedeiht aber nicht in England, weil die Rebe wohl eine ziemlich starke Winterkälte vertragen kann, aber eines heißen Sommers bedarf, wenn die Trauben reifen und einen trinkbaren Wein liefern sollen. In Astrachan welches mit dem Nordcap gleiche Winterkälte hat, reifen die herrlichsten Trauben. Ungarn bringt ausgezeichneten Wein hervor, obgleich seine Winter kälter sind als im nördlichsten Schottlande, wo kein Obstbaum mehr gedeiht, ja selbst kälter als auf den Faröerinseln, wo auch die Buche und die Eiche nicht mehr fortkommt (Pouillet-Müller). Ein Land, welches das ganze Jahr hindurch + 10° Wärme hätte, würde nur wenige Pflanzen zur Reife bringen, während bei derselben mittleren Temperatur und einer mittleren Sommerwärme von 21° und einer mittleren Winterkälte von — 3°, wie dieses in Wien der Fall ist, eine sehr üppige Vegetation herrschen kann.

Die hier angedeuteten oftmals so beträchtlichen Verschiedenheiten, welche an einem bestimmten Orte die mittlere Temperatur des Jahres, wie auch besonders diejenige des Sommers in ihrem Gegensatze zu der Kälte des Winters, unter einem und demselben Breitengrade zeigt, können durch mancherlei Ursachen bedingt sein. Die ungleiche Vertheilung des trocknen Landes auf der Erdoberfläche bewirkt auch eine ungleiche Erwärmung der verschiedenen Striche durch die Sonne; die Folge dieser Thatsache ist natürlich das Entstehen verschiedener Strömungen in der Luft und im Wasser, deren Richtung wieder durch die Umdrehung der Erde um ihre Axe, wie durch die äußeren Umrisse der Länder und die Form, Richtung und Erhebung der in ihnen auftretenden Gebirgszüge bestimmt und mannichfach modificirt wird. Der sogenannte Golfstrom führt das bis zu einer Temperatur von 31° erwärmte Meerwasser aus dem mexikanischen Meerbusen heraus, fließt anfangs längs den amerikanischen Küsten, um sich dann mit stets zunehmender Breite und abnehmender Temperatur östlich nach Europa zu wenden; dieser Strom wärmeren Wassers, dessen Temperatur noch zwischen dem 45. und 50. Breitengrade selbst im Januar nicht unter 10°,7 bis 9° sinkt, ist, namentlich bei den vorherrschenden Südwestwinden, die Ursache, daß die Westküsten von Irland und Norwegen mit einer außerordentlich hohen Temperatur des Jahres beglückt sind, welche auch auf die der übrigen Länder Europa's einen günstigen Einfluß ausübt. Das verhältnißmäßig warme Klima Europa's wird außer-

Ursachen der beobachteten Temperaturdifferenzen.

Luft- und Wasserströmungen.

dem durch den Umstand verursacht, daß sich im Süden von Europa nicht ein Meer, sondern ein festes zusammenhängendes Land, nämlich Afrika, befindet, welches unter dem Einfluß der senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen, und der großentheils kahlen, sandigen Beschaffenheit seiner Oberfläche, außerordentlich heiß werden muß, und zu der Entstehung eines heißen Luftstromes Veranlassung giebt, welcher von jenen Sandwüsten sich erhebend, über Europa sich ausbreitend wiederum herabsinkt. Von besonders wichtigem Einfluß ferner auf die Beschaffenheit des europäischen Klimas ist die Gestalt der Meeresküsten dieses Erdtheils; es sind dieselben nämlich fast allenthalben durch tiefe Meerbusen zerrissen, größere und kleinere Halbinseln bildend oder von zahlreichen Inseln umgeben; hierdurch wird in den meisten Ländern Europa's ein Klima bedingt, welches man ein Seeklima nennt, im Gegensatz zum Landklima, welches erstere besonders durch eine gleichförmigere Vertheilung der Wärme in den verschiedenen Jahreszeiten charakterisirt ist, indem im Verhältniß zu der geographischen Breite die Hitze des Sommers gering, aber auch die Kälte des Winters gemäßigt erscheint. Das feste trockne Land wird leichter und stärker durch die Sonnenstrahlen erwärmt, aber erkaltet auch um so schneller, während die Temperatur des Wassers nicht so schnell steigt, aber auch weit langsamer wiederum fällt; je größer die Ausbreitung der Küsten eines Landes, je zahlreicher und tiefer die Einschnitte derselben sind, um so mehr muß das Land selbst den Charakter einer Insel annehmen, um so auffallender ist das Hervortreten eines Seeklima's. Die Temperaturverhältnisse Schottlands z. B. sind gleichförmiger als die des Innern von Deutschland; manche Eigenthümlichkeiten des Landbaues eines bestimmten Landes werden erst bei Betrachtung der klimatischen Verhältnisse in ihrer Zweckmäßigkeit klar und einleuchtend. In der nördlichen gemäßigten Zone sind die Südwest- und die Nordostwinde die vorherrschenden. Der Südwestwind kommt aus den Aequatorialgegenden und führt die Wärme der Tropen zum Theil nach den kälteren Ländern; dieser erwärmende Einfluß der Südwestwinde wird aber in solchen Ländern vorzugsweise merklich werden, welche der südwestlichen Luftströmung am meisten ausgesetzt sind und somit erklärt sich, daß die Westküsten der großen Continente wärmer sind als die Ostküsten, daß die Linien gleicher Jahreswärme in Europa, welches eigentlich nur eine halbinselförmige Verlängerung des asiatischen Continents ist, und an den Westküsten von Nordamerika weiter nach Norden steigen als im Innern von Asien und an den Ostküsten von Nordamerika.

Gestalt der Meeresküsten.

Den wichtigsten ändernden Einfluß auf die Gestaltung der Temperaturverhältnisse von Orten gleicher geographischer Breite, hat die Erhebung des Landes über die Oberfläche des Meeres; sie bedingt klimatische Verschiedenheiten oft zwischen einander nahe gelegenen Orten und innerhalb des Umkreises eines Landes von nur geringer Ausdehnung, und verursacht bei der Beurtheilung der Ertragsfähigkeit der Bodenarten die Nothwendigkeit einer Unterscheidung zwischen Gebirgsland und Flachland. Die Erwärmung der Luft hat zwei Ursachen; sie absorbirt unmittelbar einen Theil der von der Sonne kommenden Wärmestrahlen, den größten Theil ihrer Wärme erhält sie aber von unten her, von dem erst durch die Sonne erhitzten festen Boden; denn weil die Luft die Wärmestrahlen ungleich weniger absorbirt als die Erdoberfläche, so ist auch die Erwärmung der Luft ungleich geringer als die des Bodens. Die oberen Schichten der Luft sind bekanntlich kälter als die unteren; freilich steigt die erwärmte Luft fortwährend von der Erdoberfläche in die Höhe, mit ihrer Entfernung aber von dem Boden erleidet sie eine immer größere Ausdehnung, wodurch Wärme gebunden und also ihre Temperatur erniedrigt wird, eine Erscheinung, welche durch eine schnellere Verdunstung des Wassers in der verdünnten Luft, durch eine stärkere nächtliche Wärmeausstrahlung, wie durch verschiedene andere Ursachen noch auffallender wird. Die beträchtliche Wärmeausstrahlung auf den Bergen bewirkt hauptsächlich die große Verschiedenheit der Temperaturabnahme, wenn man frei von der Ebene in die Luft sich erhebt, oder wenn man von demselben Punkte aus nahe liegende Gebirge hinansteigt; im ersteren Falle scheint, Beobachtungen in Luftballons zufolge, die Temperatur mit einer Erhebung von ungefähr 1000 Fuß im Durchschnitt erst um 1° C. abzunehmen, dagegen auf Bergen diese Abnahme in der Regel um das Doppelte schneller erfolgt, so daß man für eine Erniedrigung der Temperatur um 1° C. ungefähr 5—600 Fuß Höhe berechnen kann. In den gemäßigten Zonen, wo die verschiedenen Jahreszeiten auf die Temperaturverhältnisse des Flachlandes bedeutenden Einfluß ausüben, ist die Temperaturabnahme in dem Gebirge im Sommer schneller als im Winter und am Tage beträchtlicher als während der Nacht. Die Gestalt oder die Configuration des Gebirges ist ebenfalls für die Beschaffenheit der auf demselben in verschiedenen Höhen beobachteten Temperaturverhältnisse von sehr großer Bedeutung; der Unterschied der am Tage und während der Nacht herrschenden Temperatur muß um so größer sein, je beträchtlicher die Masse des Gebirges selbst ist. Ein

Einfluß der Erhebung des Landes auf die Temperaturverhältnisse.

Form der Gebirge.

isolirter hoch in die Luft hineinragender Bergkegel oder ein Bergkamm wird die höheren Regionen der Atmosphäre nicht merklich erwärmen können, weil die Winde in jedem Augenblicke kalte Luftmassen an ihm vorbeiführen; eine Hochebene von bedeutendem Umfange aber wird unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen stark erwärmt, indem sie von einer weniger dichten und weniger hohen Luftschicht bedeckt ist als die tieferen Gegenden, weil also die auffallenden Sonnenstrahlen durch Absorption in der Luft weniger Wärme verloren haben als die, welche zur Tiefe gelangen; eine Hochebene wird daher auch einen merklichen Einfluß auf die Erwärmung der höheren Luftregionen ausüben, welche über ihr schweben und eben wegen der größeren Ausdehnung des Plateaus längere Zeit mit dem erwärmten Boden in Berührung bleiben. Die Hochebene Peru's hat unter gleichen Breitengraden eine bedeutend höhere Temperatur als gleich hochliegende Punkte der mexikanischen Gebirge; auf der Hochebene von Tibet und in der chinesischen Tartarei wird in einer Höhe von beinahe 12000 Fuß noch Weizen mit Erfolg gebaut, die Cultur der Gerste steigt noch weit höher hinauf, während auf dem südlichen Abhange des Himalaya, in den Thälern des Ganges schon in einer Höhe von etwa 9000 F. alle Cultur aufhört; ja selbst unter dem Aequator auf dem Plateau von Quito ist die Gränze der Cultur des Weizens um über 2000 F. niedriger als in den ausgedehnten Hochebenen von Tibet. Die Mitte der Hochebenen hat stets eine merklich höhere Temperatur als ihre Ränder, namentlich wenn diese Gebirgsbildungen eine große Ausdehnung besitzen.

Größere Wärmeausstrahlung auf den Hochebenen.

Aus demselben Grunde aber, weswegen die Hochebenen während des Tages verhältnißmäßig höher erwärmt werden als tiefer gelegene Gegenden, ist auch der Wärmeverlust, den sie durch die nächtliche Strahlung erleiden, viel bedeutender als in der Tiefe. Während der Nacht sinkt die Temperatur oftmals in diesen Gegenden so sehr, daß viele Pflanzen dadurch vernichtet werden, welche am Tage vorher noch eines üppigen Gedeihens sich erfreuten; und dies ist eben großentheils die Ursache, weswegen der Anbau von Culturpflanzen in solchen Gegenden oft sehr mißlich ist, ungeachtet die mittlere Temperatur des Sommers noch völlig zur Entwicklung derselben ausreichen würde; auf der Hochebene von Peru, wo in einer Höhe von 5000 F. die mittlere Temperatur 16° ist, erfriert dennoch der Weizen häufig des Nachts, und hier beobachtet man oftmals während des Tages eine Steigerung der Temperatur bis auf 25° im Schatten, obgleich dieselbe vor Sonnenauf-

gang nur 8° zeigt. Während auf Hochebenen die täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen größer sind als in der Tiefe, sind sie für isolirte Gebirge und Berggipfel umgekehrt in der Höhe geringer, weil die isolirten Berge auf die Temperatur der höheren Luftregionen nur einen unbedeutenden Einfluß ausüben, und weil die periodischen Temperaturveränderungen des Bodens, welche sich zunächst den unteren Luftschichten mittheilen, in der Höhe weniger merklich sind; so war z. B. nach mehrere Wochen hindurch fortgesetzten Beobachtungen die Differenz des täglichen Maximums und Minimums auf dem Faulhorn gleich 3°,8, während in Zürich diese Differenz zu derselben Zeit im Mittel 9°, 5 betrug.

Die so eben angedeutete Fähigkeit der festen Körper, während der Nacht die am Tage aufgenommene Wärme wieder auszustrahlen, oder die daraus erfolgende nächtliche Abkühlung muß in Gebirgsgegenden und namentlich auf Hochebenen dann um so beträchtlicher sein, wenn die verdünnte Luft, welche, wie sie die Verdunstung der Feuchtigkeit, so auch jene Wärmeausstrahlung befördert, frei von Dünsten, nicht umwölkt ist, sondern in heiterer Klarheit während der Nacht strahlt. Alle Ursachen, wodurch die Luft in Bewegung gesetzt, ihre Durchsichtigkeit getrübt, oder das Feld des sichtbaren Himmels verdeckt und beschränkt wird, schwächen die nächtliche Ausstrahlung; eine Wolke wirkt gleich einer Decke der Temperaturerniedrigung entgegen; der Wind, indem er die Luft, die mit der Oberfläche der in der Abkühlung begriffenen Gegenstände in Berührung steht, unaufhörlich erneuert, vermindert stets bis zu einem gewissen Grade die Wirkungen der Ausstrahlung. Daher erreicht die nächtliche Ausstrahlung ihr Maximum und wird den Culturen um so schädlicher, wenn der Himmel rein und die Atmosphäre ruhig ist; diese schädliche Einwirkung wird in Gebirgsgegenden natürlich um so auffallender, je näher diese überhaupt der Grenze des Anbaues der Culturpflanzen liegen. In der heißen Zone Amerika's kann unter dem Zusammentreffen verschiedener Umstände die Temperatur der Erdoberfläche bis zum Gefrierpunkte herabsinken und die cultivirten Hochflächen der Cordilleren, deren mittlere Jahrestemperatur 10° bis 14° beträgt, sind alle zu jeder Zeit des Jahres noch dem Froste ausgesetzt; es ereignet sich oft, daß Ernten von Weizen, Gerste, Mais und Kartoffeln, welche die schönsten Hoffnungen gewähren, in einer Nacht durch die Wirkung der Ausstrahlung zerstört werden. Auch in Europa, in der gemäßigten Zone, und zwar nicht allein in hohen Gebirgsgegenden, obgleich hier häufiger als in den Ebenen, kann sich aus der angeführten Ursache,

Vermehrte Wärmeausstrahlung bei heiterer Luft.

nach darüber angestellten Beobachtungen, die Temperatur der Wiesen und Triften fast zu jeder Zeit des Jahres bis auf den Gefrierpunkt abkühlen; besonders im Frühjahre und Herbste hat man für die Pflanzen die nachtheiligen Wirkungen der Ausstrahlung zu fürchten. In England z. B. beobachteten Wells und Daniell in hellen Nächten in dem Heidekraut ein Sinken des Thermometers um 10° und bemerkten, daß die nächtliche Ausstrahlung selbst in diesem Lande die Temperatur auf Wiesen und Heiden während 10 Monaten des Jahres bis zum Gefrierpunkte erniedrigen kann. Während der schönen Nächte im April und Mai, werden bei heiterem Himmel die Zweige, Blätter und jungen Triebe oft roth, sie erfrieren nämlich, obgleich sich in der Luft das Thermometer einige Grade über Null hält. Bekanntlich schreiben die Gärtner und Landwirthe dieses Uebel dem Mondlichte der Monate April und Mai, dem Aprilschein, zu und gründen ihre Meinung auf die Thatsache, daß bei einem bedeckten Himmel, wenn die Strahlen des Mondes die Pflanzen nicht bescheinen, sich die zerstörenden Wirkungen nicht mehr zeigen, obgleich die Atmosphäre dieselbe Temperatur besitzt. Diese dem Mondlichte zugeschriebene Kälte ist einfach die Folge der nächtlichen Ausstrahlung zu einer Jahreszeit, wo das Thermometer während der Nacht oft noch 5° bis 6° über Null steht, während dessenungeachtet die Temperatur der Gewächse unter den Gefrierpunkt fallen und eine ganze Pflanzung erfrieren kann. Die Erscheinung zeigt sich ganz besonders bei heiterem Himmel, dann aber ist auch der Mond sichtbar; wenn dagegen der Mond durch Wolken verdeckt wird, so ist das Wetter trübe, und die Hauptbedingung der nächtlichen Ausstrahlung fehlt alsdann, die Temperatur der irdischen Körper wird sich nicht unter die der umgebenden Luft abkühlen, und die Pflanzen werden erst dann gefrieren, wenn die Temperatur der Atmosphäre selbst unter Null gesunken ist. (Boussingault).

Wärmeausstrahlung im Winter.

Die Temperaturerniedrigung der Erdoberfläche durch Ausstrahlung, namentlich in heiteren ruhigen Nächten, findet ebenfalls im Winter statt, wo kurz vor Sonnenaufgang die Erdoberfläche oftmals um mehrere Grad kälter ist, als die umgebende Luft; diese Thatsache würde auch sehr nachtheilig auf die Wintersaaten einwirken, wenn nicht eben in den kältesten Monaten die Felder in der Regel mit einer schützenden und wärmenden Schneedecke überzogen wären; wenn dieselbe bei anhaltender Kälte und ruhiger, heiterer Luft fehlt, so sind die Saaten bekanntlich auch in weit höherem Grade dem Auswintern ausgesetzt. Die Oberfläche einer solchen Schneedecke zeigte, nach den Beobachtungen

Boussingault's bei Sonnenaufgang im Februar, nach einer schönen, heiteren und windstillen Nacht, eine Temperatur von — 12°, während die Oberfläche des unmittelbar unter dem Schnee befindlichen Bodens noch — 3°,5 und die freie Luft sogar — 3° zeigte; bei bedecktem Himmel und bewegter Luft waren die Unterschiedenicht so groß.

Die oft so bedeutenden Abweichungen der klimatischen Verhältnisse nahe gelegener Orte im Gebirgslande werden nicht allein durch die angeführten Ursachen bedingt, sondern sie sind auch die Folge von einer Menge anderer, durch ihr Zusammentreffen oder ihre Gegensätze jene Unregelmäßigkeiten ausgleichender, modificirender oder ihr noch schroffes Auftreten bewirkender Umstände. Die Erstreckung des Gebirges nach einer bestimmten Himmelsgegend, die Lage der miteinander verglichenen Punkte an den verschiedenen Abhängen giebt stets bedeutende Verschiedenheiten in den Temperaturverhältnissen; auf der nördlichen Halbkugel ist der südliche Abhang der Gebirge auf gleichen Höhen ungleich wärmer als der nördliche, aus dem leicht in die Augen fallenden Grunde, weil die wärmenden Strahlen der Sonne dort ungleich kräftiger einwirken können, als hier; auch das häufige Auftreten warmer Südwinde erhöht diese Wirkung der Sonne, wenn nämlich südlich der betrachteten Gebirgskette ein festes Land in größerer oder geringerer Ausdehnung sich ausbreitet, welches natürlich durch das Aufsteigen der erhitzten Luft von seiner Oberfläche zu der Entstehung eines nach Norden gerichteten Luftzuges die Veranlassung geben muß. In der nördlichen Schweiz findet sich der Weinstock nicht über 1600 F., der Mais reift kaum bei 2600 F., auf dem Nordabhange des Mont Rosa fehlt die Gerste schon bei einer Höhe von 3900 F., während sie auf dem südlichen Abhange bis zu einer Höhe von beinahe 6000 F. hinaufsteigt; auf den westlichen und südlichen Abhängen des Central-Plateau's der Auvergne herrscht die Milde des südfranzösischen Himmels, dagegen findet man auf den nördlichen und östlichen Abhängen der Karpathen sehr lebhaft schon Spuren des russischen Klimas. *Einfluß der Richtung der Gebirge auf die Wärmevertheilung.*

Die Farbe und Beschaffenheit der Gesteine steht mit der Absorption einer größeren oder geringeren Menge der Sonnenwärme, und also auch mit einer Erhöhung oder Erniedrigung der mittleren Temperatur des Sommers in naher Beziehung. Aus der Vergleichung verschiedener Beobachtungen scheint sich zu ergeben, daß in bergigen Gegenden ein steriler Boden, der mit losem Sande oder Trümmern von Bimsstein bedeckt ist, die Temperatur der Luft am höchsten zu steigern vermag, daß *Einfluß der Gesteine.*

dagegen Trachyt und Syenit eine etwas niedrigere, Gneis und Granit aber, unter sonst gleichen Umständen, die niedrigste Temperatur erzeugen, und ferner daß im Trapp oder überhaupt im krystallinischen, festen Gestein die Wärme bis zu einer geringeren Tiefe eindringt, als dieses bei losem Sande und noch mehr beim Sandsteine der Fall ist. Da die geognostischen Verhältnisse einer Gegend die chemischen und physikalischen Eigenschaften der in derselben auftretenden Bodenarten, die Trockenheit oder Feuchtigkeit derselben, oder den Grad ihrer wasserhaltenden Kraft bestimmen, so muß auch in dieser Hinsicht die Gesteinsbeschaffenheit auf die Modificationen der Temperatur oder des Klimas, welche wir so oft zwischen Orten in gleicher Breite und in derselben Höhe über der Meeresfläche wahrnehmen, von Einfluß sein.

Die Nähe von Gletschern, die größere oder geringere Menge des jährlich fallenden Regens oder Schnees und die damit in Verbindung stehende Feuchtigkeit oder Trockenheit des Bodens, bewirkt das Hinaufrücken oder das Heruntersteigen der mittleren Temperaturverhältnisse des Jahres. Auch die Vegetation selbst kann einen Einfluß äußern auf die Temperaturverhältnisse eines Ortes; ein nackter, des Pflanzenwuchses beraubter, steiniger oder sandiger Boden wird durch die Absorption der Sonnenstrahlen weit heißer, ein mit Pflanzen bedeckter Boden, z. B. ein Wiesengrund, wird durch die nächtliche Strahlung weit kälter als die Luft, deren Temperatur schon durch die fortwährenden Luftströmungen mehr ausgeglichen wird. In den afrikanischen Wüsten steigt die Hitze des Sandes oft auf 50 bis 60°. Ein mit Pflanzen bedeckter Boden bleibt kühler, weil die Sonnenstrahlen ihn nicht direct treffen können, die Pflanzen selbst binden gewissermaßen eine große Wärmemenge, indem durch die Vegetation eine Menge Wasser verdunstet; sie erkalten aber bei ihrem großen Ausstrahlungsvermögen der Wärme während der Nacht so stark, daß die Temperatur des Grases oft 6 bis 8 Grad unter die der Luft sinkt. Im Innern der Wälder ist die Luft beständig kühl; zwar verhindern die Blätter, welche den Wipfel des Baumes bilden, in demselben Maße, wie es bei einem Schirm der Fall sein würde, die Ausstrahlung der unterhalb befindlichen Zweige, und dies um so mehr, wenn die Bäume, wie es oft unter den Wendekreisen der Fall ist, so dicht belaubt sind, daß kein Sonnenstrahl durchzudringen vermag, aber es werden dennoch die Zweige, welche gegen die untere Fläche der bereits durch unmittelbare Ausstrahlung abgekühlten oberen Blätter ausstrahlen, mehr Wärme abgeben, als sie empfangen; ihre Temperatur muß daher

Einfluß der Vegetation auf die Temperaturverhältnisse.

nothwendig abnehmen, und diese Abkühlung wird sich auf diese Weise von oben nach unten fortpflanzen, bis der ganze Baum daran Theil nimmt. Während der hellen Nächte kühlt sich also die umgebende Luft, indem sie die abgekühlten Blätter der Bäume durchstreicht, ebenfalls ab, und um sich eine Vorstellung von dem Einfluß zu machen, den eine Waldfläche dadurch auf die Temperaturerniedrigung einer Gegend ausüben kann, genügt es daran zu erinnern, daß ein Baum, dessen Krone im Quadratdurchschnitt nur 300 Quadratfuß Oberfläche darbietet, durch die, im Vergleich mit jenem Querdurchschnitt, mehrere tausendmal größere Oberfläche seiner vielen Blätter wirklich auf die Abkühlung der Atmosphäre von Einfluß sein kann. (Boussingault.) Es ist bekannt, daß durch Ausrodung und Urbarmachung großer Wälder nicht selten bedeutende Landstriche, sei es zum Vortheil oder Nachtheil der Cultur nutzbarer Pflanzen überhaupt, eine höhere mittlere Jahrestemperatur erlangt haben, aber auch einer größeren Trockenheit ausgesetzt worden sind, um so mehr, weil die Wälder die Feuchtigkeitsniederschläge aus der Atmosphäre begünstigen, zur Ansammlung des Wassers im Boden Veranlassung geben, und nach Ausrodung derselben den austrocknenden Winden ein größerer Einfluß auf die Gestaltung der klimatischen Verhältnisse überhaupt eingeräumt worden ist, wie solches im Vorhergehenden bereits angedeutet worden ist, und in dem Folgenden eine noch weitere Ausführung finden wird.

Entstehung der Winde.

2. **Die Winde.** Die Bewegungen der Luft, die Luftströmungen oder die Winde entstehen durch die größere oder geringere Erwärmung, welche der feste Erdboden durch die Sonne zu den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten erleidet, die erhitzte Luft steigt in Folge ihrer größeren Leichtigkeit in die Höhe und macht der kälteren, je nach den Umständen aus den verschiedenen Himmelsgegenden einströmenden Luft Platz. In der heißen Zone herrscht, namentlich fern vom festen Lande, eine Regelmäßigkeit der Winde, welche in unserer gemäßigten Zone unbekannt ist. Die Passatwinde haben nördlich vom Aequator eine nordöstliche, südlich eine südöstliche Richtung, welche durch die aus den heißen tropischen Gegenden in den oberen Regionen der Luft nach den Polen, in den unteren von den Polen nach dem Aequator, unter gleichzeitiger Einwirkung der täglichen Axendrehung der Erde von West nach Ost, veranlaßten Strömungen ihre einfache Erklärung findet. Die Nähe und namentlich die plastische Gestaltung des festen Landes übt einen störenden Einfluß auf diese Regelmäßigkeit aus, hier herrscht je nach der ver-

schiedenen Tageszeit der Landwind oder der Seewind; eine Störung, welche sich auch auf ganze Jahreszeiten erstrecken kann, wie solches z. B. im nördlichen Theile des indischen Oceans der Fall ist; hier weht nämlich in der einen Hälfte des Jahres ein beständiger Südwest-, in der anderen Hälfte ein beständiger Nordostwind, indem, während in den Wintermonaten der asiatische Continent erkaltet, die Sonne aber in südlicheren Gegenden eine größere Wärme erzeugt, natürlich ein Nordostpassat von dem kälteren Asien nach den heißeren Gegenden wehen muß; wenn dagegen hier während des Winters ein Nordostwind geherrscht hat, so wird dieser in einen Südwestwind verwandelt, weil sich nun der asiatische Continent stark erwärmt und also eine Luftströmung nach Norden hin veranlaßt, welche durch die Rotation der Erde in einen Südwestwind verwandelt wird.

Vorherrschende Richtung der Winde.

In den heißen Zonen herrscht in den unteren Regionen der Luft, in Folge des angedeuteten Luftwechsels, ein anderer und zwar in seiner Richtung gerade entgegengesetzter Wind als in den oberen Regionen; hier strömt nämlich auf der nördlichen Halbkugel die erhitzte und in die Höhe gestiegene Luft von Süd nach Nord oder vielmehr von Südwest nach Nordost. Dieser obere Passatwind senkt sich, nach den höheren Breitegraden strömend, in Folge der langsameren Axenbewegung der unter diesen gelegenen Erdtheile, immer tiefer und erreicht endlich in der gemäßigten Zone als Südwestwind den Erdboden; dieser Luftzug geht hier also nicht über, sondern neben den Luftströmungen, welche die Luft von den Polen zum Aequator hinführen, beide entgegengesetzten Windrichtungen suchen sich gegenseitig zu verdrängen und je nachdem die eine oder die andere die Ueberhand erlangt, wird der Südost oder der Nordost vorherrschen und bei dem Uebergange aus der einen in die andere Richtung werden alle Zwischenglieder der Windrose auftreten. Im westlichen Europa, namentlich in England herrschen die Südwestwinde entschieden vor, während in Deutschland außer denselben auch die West- und Nordwestwinde in ebenso großer Häufigkeit auftreten, in Rußland dagegen die Nordost- und Nordwestwinde eine größere Bedeutung gewinnen. In allen höheren Breiten der nördlichen Halbkugel wehen Südwest-, West- und Nordwestwinde wenigstens während der Hälfte aller Tage des Jahres, während alle anderen Windrichtungen auf die übrigen Tage vertheilt sind; in diesem Vorherrschen der Südwest- oder Westwinde würde offenbar ein Widerspruch liegen, indem es in Folge dessen den Anschein hätte, daß dem Pole mehr Luft zuströmte, als nach dem

Aequator zurückkehrt, wenn man nicht wüßte, daß mit dem wärmeren Südweststrome zugleich eine Menge von Wasserdämpfen nach den höheren Breiten hinströmte, welche sich hier condensirt und als Regen und Schnee niederfällt; nach dem Aequator strömt aber nur die ihres Wasserdampfes beraubte Luft in nordöstlicher Richtung zurück; es muß also in der That dem Pole eine größere Gasmenge zuströmen, weil ein Theil dieses Gases, nämlich der Wasserdampf, nicht in Gasform nach dem Aequator zurückströmt. Dem im westlichen Europa vorherrschenden Südweststrome, welcher über die warmen Gewässer des atlantischen Oceans gestrichen ist und sich dadurch mit Wasserdämpfen beladen hat, verdankt dieses Land sein Küstenklima; es wird ebenfalls in diesen Ländern der Charakter des Seeklima's, nämlich milde Winter und kühle Sommer mit häufigem Regen, um so entschiedener in solchen Jahren ausgeprägt sein, in welchen der Südwestwind häufiger weht; in solchen Jahren hingegen, in welchen die nordöstliche Strömung länger herrscht als gewöhnlich, nähert sich der Charakter der Witterung mehr dem des Continentalklimas.

Regelmäßigkeit der Winddrehung.

Die Drehungen des Windes und damit verbundenen Aenderungen der Witterung sind in unserer nördlichen gemäßigten Zone gewöhnlich an eine gewisse Regelmäßigkeit gebunden, in der Art, daß diese Drehung fast stets von Süd über West, Nord, Ost wiederum nach Süd erfolgt, wohl mit verschiedenen Abweichungen von dieser Regel, namentlich unter mehr oder weniger häufigem Zurückspringen (auf der Westseite der Windrose weit häufiger als auf der Ostseite); aber höchst selten wird eine völlig entgegengesetzte Richtung in der Winddrehung beobachtet. Am regelmäßigsten läßt sich die angeführte Drehung während des Winters verfolgen; die mit diesem Umschlagen zusammenhängenden Veränderungen des Barometers und Thermometers hat Dove mit folgenden Worten geschildert: „Wenn der Südwest, immer heftiger wehend, endlich vollkommen durchgedrungen ist, erhöht er die Temperatur über den Gefrierpunkt, es kann daher nicht mehr schneien, sondern es regnet, während das Barometer seinen niedrigsten Stand erreicht. Nun dreht sich der Wind nach West, und der dichte Flockenschnee beweist ebenso gut den einfallenden kälteren Wind als das rasch steigende Barometer, die Windfahne und das Thermometer. Mit Nord heitert sich der Himmel auf, mit Nordost tritt das Maximum der Kälte und des Barometers ein. Aber allmälig beginnt dieses zu fallen, und feine Federwolken zeigen durch die Richtung ihres Entstehens den eben eingetretenen südlicheren Wind, den das Barometer schon bemerkt, wenn auch die

Windfahne noch nichts davon weiß und noch ruhig Ost zeigt. Doch immer bestimmter verdrängt der südliche Wind den Ost von oben herab, bei entschiedenem Fallen des Quecksilbers wird der Wind Südost, der Himmel bezieht sich allmählig immer mehr und mit steigender Wärme verwandelt sich der bei Südost und Süd fallende Schnee bei Südwest wieder in Regen. Nun geht es von Neuem an, und höchst charakteristisch ist der Niederschlag auf der Ostseite von dem auf der Westseite gewöhnlich durch eine kurze Aufhellung getrennt."

Ansammlung der Feuchtigkeit in der Atmosphäre.

3. Die atmosphärischen Wasser. Das Wasser, welches auf der Erdoberfläche allenthalben mit der Luft in Berührung steht, hat bekanntlich die Eigenschaft, bei jeder Temperatur sich zu verflüchtigen, nach und nach in Gas oder Dunst sich zu verwandeln, als solcher in den höheren Regionen der Atmosphäre sich anzusammeln und aus derselben unter verschiedenen Umständen als Thau, Regen, Schnee, Graupeln ꝛc. in flüssiger oder fester Gestalt der Erde wiederum zugeführt zu werden. Die Ansammlung einer größeren oder geringeren Menge Feuchtigkeit in der Luft ist eine Folge der Gegenwart einer mehr oder weniger großen Menge und Verbreitung des Wassers über die Erdoberfläche, und außerdem bedingt durch eine höhere oder niedrigere Temperatur. Die in der Luft sich verbreitende Feuchtigkeit ist deswegen am Tage beträchtlicher als während der Nacht, im Sommer größer als im Winter, in den heißeren Ländern des Südens bedeutender als auf den nördlicher gelegenen Erdstrichen, und in gleicher Weise nimmt auch die jährlich niederfallende Regenmenge zu oder ab. Im Allgemeinen werden die höher gelegenen Orte von einer verhältnißmäßig feuchteren Atmosphäre umgeben sein, als die tieferen; jedoch ist dieses keineswegs immer der Fall, denn nicht selten findet man auf den Alpen oder anderen hohen Gebirgen die Luft trockner als in der Tiefe. Bei heiterem Wetter scheint die Luft in der Höhe trockner zu sein, bei trübem aber feuchter als unten, denn man sieht oft den Gipfel der Berge in Wolken gehüllt, während die unteren Luftschichten nicht mit Wasserdampf gesättigt sind.

Verschiedenheit der jährlichen Regenmenge.

Die jährlich fallende Regenmenge ist aus den angedeuteten Ursachen sehr verschieden an verschiedenen Orten; im Ganzen nimmt sie mit der Entfernung von dem Meere ab, in der Art, daß, wenn man z. B. die jährliche Regenmenge in Petersburg mit 1 bezeichnet, dieselbe in den Ebenen von Deutschland 1,2, im Innern von England 1,4 und an den Küsten von England 2,1 wird. Die Regenmenge nimmt ferner mit der Höhe der Orte über der Meeresfläche zu, weil die Berge einen Niederschlag

veranlassen, wenn sie von einem Strome feuchter Luft getroffen werden; daher die bedeutende Regenmenge in den Alpen. Nach Thomson ist die Regenmenge in Glasgow 23 Zoll, 466 F. höher im Gebirge zu Corbeth 42″, nach Schübler fallen in Tübingen 26″, auf der Alp in Göbingen 1400′ höher 38″, in Pertshire zu Kinfauns Castle 24″, auf einem 600′ höheren Berge in der Nähe 39″, nach längeren vergleichenden Beobachtungen zu Genf im Mittel 28″, auf dem Bernhard dagegen reichlich 51″. An einem und demselben Orte nimmt die Regenmenge mit der Höhe über dem Boden ab, wahrscheinlich weil die Regentropfen, indem sie durch die mit Wasserdampf gesättigte Luft herabfallen, sich fortwährend vergrößern; so fallen z. B. im Hofe des Observatoriums zu Paris im Laufe eines Jahres durchschnittlich 22 Zoll, auf der 77 Fuß höher gelegenen Terrasse nur 19 Z. Regen. Auch die Vertheilung der Regenmenge auf die einzelnen Jahreszeiten in den verschiedenen Ländern ist sehr abweichend; so läßt sich Europa in dieser Hinsicht in drei Provinzen theilen: in England, auf den Westküsten von Frankreich, in den Niederlanden und Norwegen sind die Herbstregen vorherrschend; in Deutschland, den westrheinischen Gegenden, Dänemark und Schweden herrschen die Sommerregen vor; die Sommerregen fehlen dagegen im südöstlichen Frankreich, Italien, dem südlichen Portugal, überhaupt in dem Theile Europa's, welcher Afrika zunächst liegt, fast ganz. Die Anzahl der Regentage während eines Jahres nimmt in Europa im Allgemeinen von Süden nach Norden zu; im Durchschnitt kommen auf das Jahr im südlichen Europa 120, im mittleren 146 und im nördlichen 180 Regentage. Daß die Regenmenge nicht allein von der Zahl der Regentage abhängen kann, ist klar, denn es kommt ja nicht allein darauf an, an wie vielen Tagen es regnet, sondern auch, wie viel es regnet; wenn in den nördlicheren Gegenden die Zahl der Regentage zunimmt, so nimmt dagegen die Intensität des Regens im Allgemeinen ab, und so erklärt es sich z. B., daß in Petersburg die Zahl der Regentage zwar größer, die Regenmenge aber geringer ist als in Deutschland. Die an einem Regentage fallende Regenmenge beträgt für Deutschland im Mittel während des Winters 0″,11, im Frühling 0″,13, im Sommer 0″,19, im Herbst 0″,15, im Jahre 0″,14. Für England beträgt sie im Jahresmittel 0″,23, im südlichen Spanien ist sie etwa doppelt so hoch, in Italien dreimal. Mit der Entfernung vom Meere nimmt sowohl die Regenmenge als auch die Zahl der Regentage ab; so kommen z. B. im Durchschnitte in

Vertheilung der Regenmenge auf die Jahreszeiten.

Zahl der Regentage.

Petersburg 168, in Kasan 90 und in Jakutzk 60 Regentage auf das ganze Jahr. So wie unter sonst gleichen Umständen der Regen in wärmeren Gegenden intensiver ist als in kälteren, so ist er auch in der warmen Jahreszeit intensiver als in der kalten. Im Durchschnitt kommen in Deutschland auf den Winter 38, auf den Sommer 42 Regentage; die Zahl der Regentage ist also im Sommer kaum etwas bedeutender als im Winter, und doch ist die Regenmenge ungefähr doppelt so groß als im Winter; in den Sommermonaten fällt oft bei einem einzigen Gewitter mehr Regen als sonst in mehreren Wochen.

Thau- und Reifbildung.

Die im Obigen beschriebene nächtliche Ausstrahlung und die durch dieselbe veranlaßte Abkühlung des Bodens und der ihn überziehenden Vegetationsdecke, hat stets eine Verdichtung der in der umgebenden Luft enthaltenen Feuchtigkeit und die Abscheidung derselben in der Form von Thau oder Reif zur Folge, welcher die Oberfläche der Erde und der auf ihr befindlichen Gegenstände in größerer oder geringerer Quantität überzieht. Die Thau- und Reifbildung findet stets nur in heiteren hellen Nächten und vorzugsweise nach einem recht heißen Tage statt, denn dann ist, wie wir gesehen haben, die Abkühlung der Erde, in Folge der nächtlichen Ausstrahlung, am größten, dann auch die Luft am meisten mit Feuchtigkeit angefüllt und geschwängert; es bilden am Abend und während der Nacht sich Nebel und Niederschläge. Daher findet man die Thaubildung am auffallendsten nach heiteren, heißen und trocknen Sommertagen, und im höheren Grade in den Tropenländern als unter dem Himmel unserer gemäßigten Zone. Nur unter dem wohlthätigen Einfluß dieses Prozesses vermag die Vegetation im Sommer trotz einer lange herrschenden anhaltenden Trockenheit und Regenlosigkeit ungestört in ihrer Entwicklung fortzugehen. Während der heiteren, ruhigen Nächte empfangen die Wiesen, die Felder eine beträchtliche Menge Wasser als Thau, welches durch seine Verdunstung wiederum die Hitze des Tages mäßigt; auch die Wälder tragen besonders in heißeren Ländern zur Erniedrigung der Temperatur, zur Entstehung und Unterhaltung der Quellen bei, indem sie den Wasserdampf der Luft als Thau niederschlagen; in den heißen Ländern übernachtet man selten auf einem freien Waldplatze, ohne beständig das Wasser von den nahestehenden Bäumen herabrieseln zu hören, wenn die Nacht der Strahlung günstig ist.

Einfluß der Wälder auf die Gestaltung des Klimas.

Die Ausrodung großer Wälder, die Trockenlegung und Urbarmachung von Sümpfen hat, vielfachen Erfahrungen zufolge, nicht selten einen vortheilhaften Einfluß gezeigt auf die Verbesserung des

Klima's einer ganzen an Kälte und Nässe leidenden Landschaft, deren Ackerkrume vorherrschend eine thonige oder sehr bindende Beschaffenheit hatte; jedoch hat ebenfalls die Zerstörung ausgedehnter Waldungen häufig der Cultur nützlicher Pflanzen nicht geringen Schaden gebracht und dieses vorzugsweise auf einem lockeren, sandigen leicht austrocknenden Boden, man hat eine Verminderung des durch die Flüsse und Bäche herbeigeführten oder in den Landseen sich ansammelnden Wassers, sogar eine nach und nach eintretende völlige Austrocknung der Bäche und Seen, wie überhaupt eine mit dieser Erscheinung in naher Verbindung stehende Abnahme der atmosphärischen Niederschläge in Masse und Häufigkeit beobachtet. Vor dem Jahre 1821 besaß die Provence einen Reichthum an Bächen und Quellen; in diesem Jahre aber erfroren die Oelbäume, die durch ihre Menge gewissermaßen Wälder bildeten, und im J. 1822 fing man an diese Bäume bis auf die Wurzel abzuhauen, von welcher Zeit an die Quellen versiegten und der Ackerbau schwierig ward. In Ober-Egypten haben die noch vor 80 Jahren häufigen Regen aufgehört, seitdem die Araber die Bäume auf der Grenze des Nilthales gegen Libyen und Arabien hin umgehauen haben. Die entgegengesetzte Erscheinung beobachtet man in Unter-Egypten, denn seit den unermeßlichen Anpflanzungen, welche in neuerer Zeit gemacht wurden, sind in Alexandrien und Cairo, wo sonst Regen zu den größten Seltenheiten gehörten, diese viel häufiger geworden. Die mit Vortheil oder Nachtheil für die Ausübung des Ackerbaues verbundenen Veränderungen vorher bestehender klimatischer Verhältnisse sind namentlich in Thälern gesammelt worden, welche von mehr oder weniger hohen Gebirgen begränzt sind, und scheinen gar wohl eine gewisse Schonung und Umsicht bei der Abtreibung großer Waldflächen nothwendig zu machen, um im Voraus schon diese zu erwartenden Veränderungen in Temperatur und jährlicher Regenmenge möglichst zum Nutzen und zur Wohlfahrt der umliegenden Landschaften zu verwenden. Aber noch einen andern Punkt haben wir in Gebirgsgegenden in Betreff der mit Waldung bedeckten Bergabhänge und Gipfel in Betracht zu ziehen; denn gleichzeitig mit der Feststellung der so eben angedeuteten Thatsachen hat man auch beobachtet, daß seit dem Entblößen der Berge von Waldungen die Flüsse und Waldbäche häufiger, als dieses früher der Fall war, plötzliche und so bedeutende Anschwellungen, in Folge heftiger Gewitter oder plötzlich eintretenden Thauwetters, zeigen, daß hieraus schon große und für das umgebende cultivirte Land unheilvolle Ueberschwemmungen

Bedeutung der Wälder für die Regelung des Wasserabflusses.

entstanden sind. Die Wälder haben nämlich die Fähigkeit, das Wasser mehr zu vertheilen, den Abfluß desselben zu regeln und in gewisser Art zu mäßigen, indem es von dem stets mehr oder weniger lockeren und humosen Waldboden begierig und in großer Menge aufgesogen und entweder zurückgehalten zu der Vegetation der mit ihren Wurzeln tief in die Risse und Spalten eindringenden Bäume verwendet wird, oder auch am Fuße der Bergabhänge in zahlreichen Quellen wiederum hervortritt und hier zu der Entstehung einer Menge von kleinen Bächen Veranlassung giebt, welche den Boden befruchtend entweder bald wiederum verschwinden oder erst nach längerer Zeit und in tieferen Gegenden zu einem größeren Gewässer zusammentreten. Es kann, nach den vorliegenden zahlreichen Beobachtungen, in der That nicht mehr bezweifelt werden, daß mit der Ausrodung großer Waldungen oder mit der Urbarmachung der mit ihnen bestanden gewesenen Flächen, wie auch von früher sterilen und unfruchtbaren Gegenden, die Seen und Flüsse allmählig an Wasser verlieren und austrocknen, die Quellen versiegen. Weniger leicht ist aber die Ursache dieser Erscheinung schon jetzt mit Sicherheit zu erforschen, ob dieselbe in der durch die Entfernung der Waldungen sehr beschleunigten Verdunstung des Wassers und erhöhten Erwärmung durch den jetzt freien Zutritt der Sonnenstrahlen zu suchen, oder in einer wirklich verminderten Quantität der jährlich sich niederschlagenden atmosphärischen Feuchtigkeit, oder endlich auch in einer vermehrten Benutzung des Wassers zur Bewässerung neu angelegter ausgedehnter Culturen begründet sei. Ohne hier in eine tiefere Erörterung dieser Fragen einzugehen, will ich nur hinzufügen, daß die beobachteten Erscheinungen wahrscheinlich durch das Zusammenwirken aller angedeuteten Ursachen und vielleicht noch durch zahlreiche andere lokale oder mehr allgemeine Verhältnisse bedingt sind. Aus Allem geht zur Genüge hervor, daß die Wälder, welche die Oberfläche eines Landes in größerem oder geringerem Umfange bedecken, einen nicht unbedeutenden Einfluß auf die Gestaltung der klimatischen Verhältnisse ausüben; und daß man bei der Cultur derselben und namentlich bei ihrer Ausrodung diese Einflüsse in ihren Eigenthümlichkeiten gar sorgfältig in Betracht zu ziehen hat, wenn man nicht eine Rücksichtslosigkeit für künftige Generationen sich will zu Schulden kommen lassen, welche Humboldt mit den folgenden Worten andeutet: „Durch Fällung der Bäume, welche die Berggipfel und Bergabhänge decken, bereiten die Menschen unter allen Himmelsstrichen den kommenden Geschlechtern gleichzeitig eine doppelte Plage: Mangel an Brennstoff und an Wasser.“

Abnahme des Wasserstandes in Flüssen und Quellen.

b. Einfluß des Klima's auf die Entwicklung und Verbreitung der Pflanzen.

Wärme, Feuchtigkeit, chemische und physikalische Beschaffenheit des Bodens bedingen vorzugsweise das Gedeihen und die Verbreitung der Pflanzen. Wir betrachten hier die rein klimatischen Einflüsse auf die Gestaltung der Vegetation eines Landes und verweisen hinsichtlich der Bedeutung des Bodens für dieselbe auf das folgende Capitel.

Die Höhe der mittleren Jahres- und Sommerwärme eines Ortes wird hauptsächlich durch seine Breitenlage und seine Erhebung über die Meeresfläche bestimmt. Wenn man von der Ebene aus in das höhere Gebirge bis zur Gränze des ewigen Schnees hinaufsteigt, so durchschneidet man verschiedene Vegetationsregionen, die in ihren Extremen auffallende Verschiedenheiten zeigen, an ihren Berührungspunkten aber allmählig in einander übergehen. Diese Vegetationsregionen sind in den verschiedenen Gebirgszügen unter allen Himmelsstrichen durch gewisse ähnliche Charaktere bezeichnet, wenn auch im Einzelnen größere oder geringere Abweichungen beobachtet werden; die Ausdehnung jeder einzelnen Region und deren Höhe über der Meeresfläche ist sehr abwechselnd und richtet sich nach den Breitengraden, unter welchen das Gebirge sich hinzieht, nach dessen Oberflächengestaltung, nach dem südlichen oder nördlichen Abhange, wie nach mannichfachen anderen eigenthümlichen und wechselnden Verhältnissen. Beispielsweise theile ich hier die Vegetationsregionen mit, welche Unger für das nordöstliche Tirol aufgestellt hat. Vegetationsregionen im Gebirge.

1. Die Region des bebauten Landes, welche von der Thalfläche bis zur Wallnußgränze (2700 Par. F.) reicht und Wahlenberg's unterer Bergregion der Schweiz entspricht. Der Anbau der Cerealien wird auch auf der Nordseite der Bergabhänge getrieben; die Süd- und Südwestlage der Gebirgsabhänge gestattet den Anbau derselben noch in einer Höhe von 3764 Par. F.

2. Die obere Bergregion bis zur oberen Gränze der Buche (4000′); bis zu dieser Höhe gedeiht die Buche noch gut, weiter hinauf wird sie mehr und mehr verkrüppelt, aber steigt strauchartig fast bis 4800′. Der größte und ergiebigste Theil des Holzwuchses fällt in diese Region, besonders an der Nord- und Nordostseite der Bergabhänge, während die entgegengesetzte theils zu Ackerland, theils zu Bergmähden benutzt wird.

3. Die subalpinische Region, bis zur Gränze der Fichte, 5200′. Die Baumgränze, d. h. dort, wo dieser Baum zum Gestrüppe wird, schwankt hier zwischen 4998′ und 5223′. Von 4500′ an haben häufig schon Alpenmatten (Niederalpen) die Wälder verdrängt.

4. Die Region der Alpensträucher, bis zur Strauchgränze, von 5000 bis 7000′. Sie entspricht nur zum Theil der unteren alpinischen Region Wahlenberg's. Rhododendron hirsutum und ferrugineum, Betula viridis, Salix hastata, retusa, reticulata, herbacea und arbuscula steigen am höchsten.

5. Die obere Alpenregion geht über 7000′ hinaus. Nur wenige Bergspitzen erheben sich im nordöstlichen Tirol zu dieser Region, ohne die Schneegränze zu erreichen. Flechten und spärliches Gras bekleiden den öden Boden.

Allgemeiner Charakter der Gebirgsflora.

Viele Pflanzen, welche von einer Region in die andere sich verbreiten und hier allmählig verschwinden, erleiden, schon ehe sie an Zahl der Individuen abnehmen, eigenthümliche Veränderungen in allen ihren Theilen, Veränderungen, welche fast überall der Gebirgs- oder Alpenflora einen auffallenden Charakter verleihen. Die Pflanzen nämlich erhalten nach und nach einen gedrängteren Wuchs, verhältnißmäßig, oft aber auch absolut größere Corollen und Blüthentheile überhaupt, im Einzelnen aber noch eine geringere Veräſtelung des Stengels, sparsamere Zertheilung der Blätter und stärkere Ausbildung der Holzfaser. Was höhere Regionen im Großen, das bringt, nach Unger, der Einfluß der nördlichen Lage, tiefer Schluchten ꝛc. im kleineren Maaßstabe hervor. Pflanzen an der Nordseite der Gebirge unterscheiden sich von den gleichnamigen an der Südseite wachsenden auffallend. Gewöhnlich sind erstere schlank, von zarterem, saftigerem Gewebe und kürzerer Lebensdauer. Bei Bäumen geht der Verholzungsprozeß unvollkommen von Statten und mangelt Feuchtigkeit, so tritt nicht nur bei diesen, sondern auch bei krautartigen Gewächsen Verkümmerung ein. Dagegen entwickelt die Südlage bei übrigens günstigen Nebenverhältnissen, wo nicht Nahrungs- und Wassermangel vorherrscht, die schönste und kräftigste Vegetation.

Höhengränze des Anbaues der Cerealien.

Wie sehr die Gränzen jener Vegetationsregionen nach der Lage und Beschaffenheit des Gebirges variiren, zeigt auch namentlich die sehr wechselnde Höhe, bis zu welcher der Anbau von Cerealien sich erhebt.

In Unterösterreich z. B. erreicht der Anbau der Cerealien im Durchschnitte kaum die Höhe von 3000′ und der regelmäßige und sichere Getreidebau geht sogar nur bis 1800′, dagegen steigt dieser in den westlichen Alpen bis auf eine Höhe von 4500′ und am Südabhange des Monte Rosa selbst fast bis 6000′; im sächsischen Erzgebirge ist über 2200 F. Höhe nicht mehr auf einen lohnenden Getreidebau zu rechnen, welcher im westlichen Skandinavien bei einer Breite von 64° bis zur Meeresküste sich herabsenkt; am Südabhange des Himalaya hört die Cultur der Cerealien erst bei 9000′ Meereshöhe auf, auf dem Plateau von Quito wird noch bei 10000′ und auf der Hochebene von Tibet sogar noch bei einer Höhe von 12000′ Weizen mit Erfolg angebaut, während das Gedeihen der Gerste diese Gränze noch übersteigt. Im Allgemeinen vermindert sich die Jahrestemperatur im mittleren und südlichen Deutschland um 1° C. für je 5 bis 600 F., welche man höher in's Gebirge hinaufsteigt; und mit dieser Abnahme um 1° verspätet sich der Eintritt der Blüthe und der Ernte bei den Cerealien, wenigstens in den niederen Bergregionen, durchschnittlich um etwa 10 bis 12 Tage. Genaue Beobachtungen über diese Verhältnisse sind nur sehr wenige vorhanden und namentlich fast gar keine, welche viele Jahre hindurch fortgesetzt wären, weshalb man kaum im Stande ist, nur einigermaßen sichere Mittelzahlen aufzustellen. Berghaus fand in den Jahren 1833 und 1834, daß in Sachsen für 1000 F. Erhebung über dem Meeresspiegel sich der Eintritt der Blüthe und der Ernte bei verschiedenen Culturpflanzen folgendermaßen verspätete:

Verspätung der Vegetationsperioden im Gebirge.

	Blüthe.	Ernte.
Bei Winterweizen um	22 Tage;	22 Tage.
„ Roggen „	13 „	22 „
„ Hafer „	20 „	14 „
„ Gerste „	22 „	22 „
„ Kartoffel „	23 „	5 „

In folgender tabellarischer Uebersicht sind von Unger einige Pflanzenspecies der Thalfläche von Kitzbühel (nordöstliches Tirol), weder in ganz südlicher, sonniger, noch in ganz nördlicher, schattiger Lage gewachsen, nach ihrer Blüthezeit, wie nach derjenigen, welche bei Salzburg (ungefähr 1000 F. niedriger gelegen) beobachtet wurde, zusammengestellt:

	Kitzbühel.		Salzburg.		Differenz
	47°27′ NB. Mittlere Blüthenzeit.	2350′ Höhe Zahl der Beobachtungsjahre.	47°48′ NB. Mittlere Blüthenzeit.	1390′ Höhe Zahl der Beobachtungsjahre.	zwischen beiden.
Corylus Avellana . .	17. März	3	9. März	7	8 Tage
Daphne Mezereum .	2. April	4	18. „	8	15 „
Anemone Hepatica .	6. „	4	25. Febr.	8	40 „
Leucojum vernum .	15. „	4	7. März	8	38 „
Viola odorata	16. „	4	25. „	8	22 „
Chrysosplenium alternifolium .	20. „	4	24. „	7	27 „
Primula elatior . .	20. „	4	2. April	8	18 „
Viola canina . .	23. „	4	29. März	7	25 „
Fragaria vesca . .	8. Mai	3	13. April	6	25 „
Prunus Padus . .	9. „	3	26. „	5	13 „

Unger bemerkt hierzu: In diesem tabellarischen Ueberblicke ist die große Veränderlichkeit der Differenz der Blüthezeiten von Kitzbühel und Salzburg auffallend; sie scheint mit der zweiten Aprilwoche zuzunehmen und bis Anfang Mai zu dauern und hat vermuthlich ihren Grund darin, daß dieser Monat bei seiner großen Veränderlichkeit im und nächst dem Gebirge, durch Oertlichkeiten bedingt, noch besondere Anomalien hervorruft. Der bei Anemone Hepatica ganz besonders in die Augen springende Unterschied der Blüthezeit von 40 Tagen dürfte indeß wahrscheinlich darin liegen, daß für Salzburg mehrmals das sehr frühe Erscheinen der Erstlingsblumen dieser Pflanze für den Anfang der Blüthezeit genommen wurde. Ziehen wir aus den Blüthen-Differenzen der oben angeführten 10, in Kitzbühel und Salzburg durch mehrere Jahre beobachteten Pflanzen das Mittel, so zeigt sich, daß die Frühlingsflora von Salzburg der von Kitzbühel um 23 Tage vorausgeht, welche Erscheinung durch eine Temperaturdifferenz bedingt wird, die im Vergleiche der Höhenunterschiede etwa 2° C. beträgt.

Einfluß der geographischen Breite auf die Vegetation.

Wie mit der Zunahme der Höhe über dem Meeresspiegel, so verspätet sich das Eintreten der verschiedenen Vegetationsperioden auch in den höheren Breitengraden und gleichzeitig bemerkt man hier ebenfalls das allmählige Verschwinden der Pflanzen südlicher Klimate; eine jede Erniederung der mittleren Jahres- und Sommerwärme giebt sich sofort auch kund in deren änderndem Einfluß auf die Gestaltung der Vegetation. Wenn aber im Ganzen gewisse große Breitenzonen für die Pflanzen ebenso wie Wärmezonen deutlich sich unterscheiden lassen, so ist doch die Vertheilung der Pflanzenspecies im Einzelnen noch an viele andere eigenthüm-

liche äußere Verhältnisse gebunden, die freilich vorzugsweise durch die herrschende Temperatur, jedoch nicht allein bedingt sind, sondern auch nicht selten in anderen Einflüssen der Luft und des Bodens ihre Ursache haben können. Ich verweise hinsichtlich der specielleren Angaben über die Verbreitung der Pflanzen nach Zonen und Reichen, so wie über die Ursachen der hier sich zeigenden Anomalien auf die Wissenschaft der Pflanzengeographie und beschränke mich auf einige Mittheilungen über die Temperaturverhältnisse, an welche die Verbreitung wie überhaupt das Gedeihen und Reifwerden der gewöhnlichsten Culturpflanzen gebunden erscheint, Bemerkungen, die vorzugsweise den von Berghaus gesammelten Beobachtungen entlehnt sind.

Breitengränze der Culturpflanzen.

Der Reis ist eine Getreideart, deren Fortkommen durch hohe Wärme und große Feuchtigkeit bedingt ist; er verlangt eine mittlere Temperatur der Sommermonate von 23° C.; in der Lombardei und Piemont findet man die nördlichsten Reisfelder, die höchsten am Abhange des Himalaya, 4700 F. über dem Meere. Die Cultur des Mais oder des türkischen Weizens scheint überall möglich zu sein, wo die Sommertemperatur wenigstens 18° beträgt; in Nordamerika wird er angebaut bis zum 54° der Breite, in Südamerika dagegen nur bis zum 40°, in Europa bildet seine nördliche Gränze der 50° und in einzelnen Fällen der 52°. Der Weizen ist die Pflanze, welche von unseren gewöhnlichen Getreidearten am meisten Wärme erfordert; er verlangt nämlich eine mittlere Temperatur des Sommers von mindestens 14°, welche Temperatur man im nördlichen Europa zuerst in Schottland unter dem 58° der Breite, sodann an der Westküste von Skandinavien im 64°, im mittleren Schweden bei 62°, im westlichen und inneren Rußland unter 60° bis 59°, im Innern von Nordamerika unter dem 58°, an der Ostküste aber erst unter 50° der Breite findet; seine südliche Gränze bezeichnen die Gegenden, wo die Temperatur der drei kühlsten Monate + 20° bis 21° nicht übersteigt. Der Winterweizen verträgt nicht mehr ein Klima, dessen Temperatur an den kältesten Tagen des Winters häufig unter — 20° herabsinkt, während der Sommerweizen in solchen Gegenden häufig noch mit großem Erfolge cultivirt wird. Der Roggen gedeiht noch bei einer Sommertemperatur von 13° an der Westseite von Skandinavien bis zum 67° der Breite, an der Ostseite bis 65° oder 66°, im Innern von Rußland bis 62°,5. Die Polargränze des Hafers liegt in Schottland auf 58°,5 der Breite, in Norwegen auf 65°, in Schweden auf 63°,5, in Rußland fällt sie

mit der Polargränze des Roggens nahe zusammen. Die am weitesten gegen den Pol vorgeschobene Getreideart ist die Gerste; man sieht Gerstefelder im äußersten Norden von Schottland, auf den Orkaden und den Shetländischen Inseln, ja selbst auf den Faröern, am äußersten Nordende von Europa, am Nordkap, im 70° der Breite, am Weißen Meer unter dem Polarkreis, in der Mitte von Sibirien zwischen 58° und 59° der Breite. Diese Getreideart hat von allen übrigen Cerealien die kürzeste Vegetationsperiode und bedarf den geringsten Wärmegrad, da eine mittlere Sommerwärme von 8° zu ihrem Gedeihen schon hinreichend zu sein scheint. Die Kartoffel kommt in einigen Varietäten unter noch kälteren Klimaten fort, als die Gerste, so daß eine frühzeitige Art sogar auf Island noch angebaut werden kann. Der Weinstock gedeiht in Europa zwischen 36° und 48° der Breite und giebt ein edles Gewächs überall da, wo die Jahrestemperatur 10° bis 17° C. beträgt, auch da noch, wo sie 9°, bei einer Wintertemperatur von 1° und einer Sommerwärme von 19° bis 20° ist, und zwar in der Ebene bis 50° nördlicher Breite, in Amerika nur bis 40°, wo der mittleren Temperatur des Jahres von 9° eine mittlere Winterkälte von — 1°,5 entspricht.

Verspätung der Vegetationsperioden mit wachsender Breite.

Ueberall, wo die mittlere Jahreswärme unter 17° ist, tritt das Erwachen des vegetabilischen Lebens im Frühlinge in dem Monate ein, dessen mittlere Temperatur 6° bis 8° beträgt. Der Pfirsichbaum blüht, wenn die mittlere Temperatur eines Monats 5°,5, der Pflaumenbaum, wenn sie 8°,2 erreicht; die Birke schlägt bei einer mittleren Monatstemperatur von 11° aus; in Rom findet dies im März, in Paris Anfang Mai, in Upsala in der Mitte des Juni statt; auf dem Nordkap kommt die Birke nicht mehr fort, weil die mittlere Temperatur des heißesten Monats nur 8°,1 beträgt. Die Weizenernte beginnt in den Umgebungen Neapels im Juni, im mittleren Deutschland Ende Juli, im südlichen England und in Mittelschweden Anfang August; man erntet die Gerste bei Neapel im Juni, im mittleren Deutschland Ende Juli, in England den 14. August, in Mittelschweden den 4. August. Wegen der verhältnißmäßig größeren Wärme, die im Sommer in Schweden herrscht und der dort rascheren Vegetation, als in England, fällt die Weizenernte im südlichen England nicht früher, als auf den Feldern um Upsala, sondern sie beginnt zu gleicher Zeit, und es reift in England die Gerste 10 Tage später als in Schweden, denn der Juli hat in England eine mittlere Temperatur von 16°, in Upsala dagegen von 17°, der August in England auch noch 16°, in Schweden nahe dieselbe Tempe-

ratur, nämlich 15°,7 C. (Berghaus). Die Stachelbeere entfaltet ihre Knospen an einem Tage, dessen mittlere Temperatur wenigstens 5°,25 C. beträgt, die Johannisbeere bei 6°,10, die Roßkastanie bei 7°,5, der Apfel bei 7°,6, die Sauerkirsche bei 7°,8, der Weinstock bei 10°,5 C.; die Roßkastanie fängt an zu blühen bei 11°,5, der Apfel bei 9°,1, die Sauerkirsche bei 8°,2 C. Zur Reife der Johannisbeere sind wenigstens 16°,9 C. erforderlich, zur Reife der Sauerkirsche 15°,9, des Weinstocks 22°,5 C. Nach Schleiden ist es nicht unbedingt richtig, daß die Pflanzen immer an einem Tage von bestimmter Temperatur ausschlagen, sondern dies hängt von der vorhergehenden Temperatur ab, auch ist es für die folgende Entwicklung keineswegs gleichgültig, ob eine vorhergehende Lebensperiode langsam oder rasch verlaufen ist. So ist es bei dem Weinstock eine alte Erfahrung, daß seine gesunde Entwicklung abhängig ist von dem vorhergehenden Jahre, oder, wie man sich ausdrückt, davon, ob das Holz „reif" geworden ist.

Aus Beobachtungen, welche im Jahre 1829 an sehr verschiedenen Orten in Europa und Nordamerika angestellt wurden, hat sich ergeben, daß die Blüthenentwicklung in der gemäßigten Zone im Mittel um 4 Tage sich verspätet bei 1° wachsender Breite. Da 1° wachsender Breite im Allgemeinen einer Verminderung der mittleren Jahrestemperatur um etwa 0°,6 C. entspricht so wird jene Verspätung der Blüthezeit für die Temperaturabnahme von 1° in der Ebene noch nicht 8 Tage ausmachen, während wir vorher gesehen haben, daß für dieselbe Temperaturerniedrigung eine Verspätung durchschnittlich von 10 bis 12 Tagen eintritt, wenn man aus der Ebene in's höhere Gebirge hinaufsteigt, woraus also folgt, daß im Gebirge noch andere Ursachen, außer der Abnahme der mittleren Temperatur auf die Verspätung der Vegetation einwirken müssen, so vielleicht der geringere Luftdruck und andere eigenthümliche Zustände der Atmosphäre und des Erdbodens. Nach den im J. 1829 angestellten correspondirenden Beobachtungen entwickelten sich die Blüthen, in der Zone von 45° bis 60° nördlicher Breite, in Zürich 6, in Tübingen 13, in Jena 17, in Berlin 25, in Hamburg 33, in Greifswald 36, in Christiania 52 Tage später, als in Parma. In den höheren geographischen Breiten, in den nördlich von Deutschland gelegenen Gegenden, verspätet sich die Entwicklung der Vegetation weniger, als in den südlicher gelegenen Landschaften; die Verzögerung der Blüthenentwicklung beträgt zwischen Hamburg und

Christiania für 1° wachsender Breite nur 3,4 Tage, während sie zwischen Deutschland und Smyrna in Kleinasien, welches mit den südlichsten Spitzen Europa's unter gleicher Breite liegt, für dieselbe Entfernung 7,4 Tage ausmacht. Die Ursache dieser Verschiedenheit beruhet auf der verschiedenen Tageslänge, welche in höheren geographischen Breiten während der wärmeren Jahreszeit in weit höherem Grade zunimmt, als in südlichen Parallelen, wodurch die Vegetation zu einer schnelleren Entwicklung veranlaßt wird.

Schwankungen in den Vegetationsperioden an demselben Orte.

Der Eintritt der Vegetation und die Dauer der einzelnen Perioden derselben ist an einem und demselben Orte nach den jedesmaligen Witterungsverhältnissen mehr oder weniger bedeutenden Schwankungen unterworfen, wie sich namentlich aus den 1841 bis 1844 in Brüssel angestellten Beobachtungen ergiebt, von welchen hier die folgenden angeführt werden mögen:

Von dem Ausschlagen bis zur Blüthe:

	Apfel.	Johannisbeere.	Linde.	Wein.
1841	31 Tage	8 Tage	51 Tage	62 Tage
1842	28 „	19 „	56 „	53 „
1843	25 „	5 „	74 „	75 „
1844	15 „	8 „	72 „	64 „

Von der Blüthe bis zur Fruchtreife:

	Apfel.	Johannisbeere.	Linde.	Wein.
1841	— „	75 „	— „	— „
1842	— „	74 „	— „	— „
1843	— „	80 „	— „	87 „
1844	— „	62 „	— „	129 „

Von dem Ausschlagen bis zum Blattfall:

	Apfel.	Johannisbeere.	Linde.	Wein.
1841	226 „	— „	199 „	— „
1842	223 „	239 „	211 „	— „
1843	226 „	231 „	201 „	202 „
1844	212 „	220 „	202 „	196 „

Die Schwankungen der gesammten Vegetationstage bei den hier angeführten Pflanzen sind im Ganzen nicht bedeutend, indem sie bei dem Apfel und der Linde nur bis 6 Proc., bei der Johannisbeere bis 8,5 Proc. ausmachen, dagegen ist die Zahl der Tage von dem Ausschlagen bis zur Blüthe sehr wechselnd; sie variirt bei der Linde und dem Wein um 50 Proc., bei dem Apfel und der Johannisbeere noch

weit mehr. Zur Erklärung dieser Schwankungen, namentlich hinsichtlich der sämmtlichen Vegetationstage einer Pflanze, hat Boussingault eine Theorie mitgetheilt, welche er in zahlreichen Beobachtungen unter verschiedenen Himmelsstrichen glaubt bestätigt gefunden zu haben. Boussingault bezeichnet seine Ansicht in folgenden Worten: „Die Anzahl der Tage, welche den Beginn der Vegetation von ihrer Vollendung trennt, ist um so größer, je mehr die mittlere Temperatur, unter deren Einfluß sie vegetirt, abnimmt. Die Dauer der Vegetation wird dieselbe sein, wie verschieden außerdem auch das Klima ist, wenn diese Temperatur in beiden Fällen dieselbe ist; sie wird um so kürzer oder länger, je nachdem die mittlere Temperatur des Cyclus selbst höher oder niedriger ist; mit anderen Worten, die Dauer der Vegetation scheint zu der mittleren Temperatur im umgekehrten Verhältnisse zu stehen, so daß, wenn man die mittlere Temperatur mit der Anzahl der Tage, während welcher eine und dieselbe Pflanze in den verschiedenen Klimaten vegetirt, multiplicirt, man fast gleiche Zahlen erhält. Dieses Resultat ist nicht allein dadurch bemerkenswerth, daß es anzuzeigen scheint: die Pflanze empfange während ihres Bestehens unter allen Breiten und in jeder Höhe eine gleiche Quantität Wärme, sondern es kann auch daraus eine unmittelbare Anwendung gezogen werden, indem man dadurch in den Stand gesetzt wird, im Voraus zu beurtheilen, ob es möglich ist, ein Gewächs in einer Gegend, von welcher man die mittlere Temperatur der Monate kennt, zu akklimatisiren.“

Ich stelle die von Boussingault gesammelten Beobachtungen in dem Folgenden übersichtlich zusammen und füge denselben die von Gräger mitgetheilten Erfahrungen aus der Gegend von Mühlhausen in Thüringen bei. Dauer der Vegetationszeit der Culturpflanzen.

Ort der Beobachtung und Species der Pflanze.	Zahl der Vegetationstage.	Mittlere Temperatur.	Product aus beiden.
Elsaß, Winterweizen	137 Tage	15°,0	2055
Elsaß, Sommerweizen	131 „	15°,8	2069
Paris, Winterweizen	160 „	13°,4	2161
Alais, Winterweizen	146 „	14°,4	2092
Kingston, Winterweizen . . .	122 „	17°,2	2098
Kingston, Sommerweizen . . .	106 „	20°,0	2120
Cincinnati, Sommerweizen . . .	137 „	15°,7	2151
Hochebene v. Bogota, Sommerweizen	147 „	14°,7	2261
Quinchuqui (Quito), Sommerweizen	181 „	14°,0	2534

Ort der Beobachtung und Species der Pflanze.	Zahl der Vegetationstage.	Mittlere Temperatur.	Product aus beiden.
Turmero (Venezuela), Sommerw. .	92 Tage	24°,0	2208
Truxillo (Venezuela), Sommerw. .	100 „	22°,3	2230
Mühlhausen, Winterweizen . .	176 „	11°,14	1960
Elsaß, Wintergerste	122 „	14°,0	1748
Elsaß, Sommergerste	92 „	19°,0	1708
Alais, Wintergerste	137 „	13°,1	1795
Mühlhausen, Sommergerste . .	114 „	15°,5	1790
Aegypten, Sommergerste . . .	90 „	21°,0	1890
Kingston, Sommergerste . . .	92 „	19°,0	1738
Cumbal (Aequator), Sommergerste	168 „	10°,7	1798
Santa-Fé de Bogota, Sommergerste	122 „	14°,7	1793
Elsaß, Mais	153 „	16°,7	2550
Alais, Mais	135 „	22°,7	3064
Kingston, Mais	122 „	22°,0	2684
Magdalenenstrom, Mais . . .	92 „	27°,5	2530
Zupia, Mais	137 „	21°,5	2887
Plateau von Bogota, Mais . .	183 „	15°,0	2745
Elsaß, Kartoffel	183 „	16°,1	2944
Alais, Kartoffel	153 „	21°,1	3228
Mühlhausen, Kartoffel	133 „	15°,6	2050
Venezuela, Kartoffel	120 „	25°,5	3060
Merida (Cordilleren), Kartoffel .	137 „	22°,0	3014
Santa-Fé, Kartoffel	200 „	14°,7	2930
Pinantura (Cordilleren), Kartoffel	276 „	11°,0	3036

Quetelet's Gesetz des Zusammenhanges zwischen Wärme und Vegetation.

Quetelet hat zur Bestimmung der Wärmemenge, welche eine Pflanze während ihrer Vegetationszeit verlangt, eine andere Methode in Vorschlag gebracht; man nimmt hierfür nämlich nicht, wie Boussingault, die Summe der mittleren Temperaturen der einzelnen Vegetationstage, sondern die Summe der Quadrate dieser Temperaturen. Nach den von Quetelet gemachten Beobachtungen bedarf z. B. die Syringe, oder der sogenannte spanische Hollunder, um zur Blüthe zu kommen, eine Temperaturmenge, welche durch die Zahl 476 bezeichnet wird, wenn man, von dem ersten frostfreien Tage an gerechnet, die mittleren Temperaturen der Tage zusammenzählt oder durch die Zahl 4296, wenn man die Quadrate der mittleren Temperaturen addirt. Fängt man nun in irgend einem Jahre vom ersten frostfreien Tage an die mittleren Tempe-

raturen der Tage zusammenzuzählen, so muß der Tag, an welchem man die Zahl 476 erreicht, auch der Tag sein, an welchem die Blüthen der Syringe sich öffnen; ebendasselbe Resultat muß man erhalten, wenn man die Quadrate der mittleren Temperaturen zusammenzählt, bis man die Zahl 4296 erreicht. In wie weit eine solche Berechnung der Blüthezeit mit der wirklichen Blüthezeit übereinstimmt, mag die folgende von Schleiden mitgetheilte Tabelle nachweisen:

Jahr.	Erster frostfreier Tag.	Das Eintreten der Blüthe von Syringa vulgaris bestimmt durch: die Summe der mittleren Temperaturen.	die Summe der Quadrate der mittl. Temp.	die Beobachtung.
1839	14. März	10,5 Mai	9,3 Mai	10. Mai
1840	3. „	4,0 „	2,2 „	28. April
1841	2. „	23,5 April	23,0 April	24. „
1842	27. Januar	22,5 „	27,3 „	28. „
1843	25. „	19,5 „	19,7 „	20. „
1844	25. „	22,0 „	23,5 „	25. „
	Im Mittel	27,0 „	27,5 „	27,5 „

Man sieht, daß im Allgemeinen die Berechnung nach den Quadraten der Temperaturen besser mit der Wirklichkeit übereinstimmt, als das durch Addition der mittleren Temperaturen gefundene Resultat. Jedoch sind auch bei der ersteren Berechnungsweise, namentlich wenn man andere Beobachtungen zu Grunde legt, vielfache Schwankungen und Abweichungen zu beobachten, wie sie auch nothwendig eintreten müssen, weil die Wärme, so bedeutungsvoll sie auch für die Entwicklung der Pflanze jedenfalls ist, dennoch keineswegs das allein die Beschleunigung oder Verspätung der Vegetation bestimmende Moment ausmacht. Es wurde schon angeführt, daß bei ausdauernden Gewächsen die Witterungs- und Wachsthumsverhältnisse des vorhergehenden Jahres stets auch mehr oder weniger deutlich in den Vegetationserscheinungen des nachfolgenden Sommers sich kundgeben, und ebenfalls ist darauf aufmerksam gemacht worden, daß die kürzeren und die längeren Tage oder die Dauer der täglichen Einwirkung des Lichtes wesentlichen Einfluß äußert auf den Verlauf der ganzen Vegetation einer bestimmten Pflanze; es nimmt deshalb in den nördlicheren Breiten die Verspätung des Eintritts der Blüthe und der Fruchtreife mit der Temperaturerniedrigung lange nicht so rasch zu, als dies in den südlicheren oder wärmeren Breiten beobachtet

Verschiedenheit der Einflüsse auf die Vegetationszeit.

wird; und ebenso ist dort die Zahl der gesammten Vegetationstage nicht so groß, als sie im Verhältniß zu der niedrigen Temperatur eigentlich sein müßte. Im kalten Norden wird gleichsam zu Gunsten der Vegetation ein Theil der nöthigen Wärme durch die hier vorhandene längere Einwirkung des Lichtes ersetzt. Als Beispiel mögen hier die folgenden Angaben über die Cultur der Kartoffel dienen:

Jahr.	Ort.	Vegetationstage.	Mittlere Temperatur.	Product.
1838	Kopenhagen	124	13°,02	1615
1841	Kopenhagen	147	12°,10	1779
1842	Kopenhagen	166	11°,73	1947
	Mühlhausen	133	15°,56	2050
	Elsaß . .	183	16°,10	2944
	Alais . .	153	21°,10	3228

Ein anderes wichtiges Mittel, welches außer Wärme und Licht die Entwicklung der Pflanze in allen ihren verschiedenen Perioden unterstützt, ist die Feuchtigkeit. Es ist bekannt genug, daß große Wärme mit zu großer Trockenheit verbunden das Gedeihen der Pflanze nicht fördert, sondern im Gegentheil den ganzen Assimilationsprozeß in derselben verlangsamt, so daß unter solchen Verhältnissen jenes Product der mittleren Temperatur und der Anzahl der Vegetationstage viel zu hoch, also ungenau ausfallen muß. Daß ferner auch die Wärme und Wasser absorbirende und zurückhaltende Kraft des Bodens, wie dessen Düngungs- und Culturzustand bei einem Versuche zur genaueren Bestimmung der Vegetationszeit in Betracht zu ziehen ist, bedarf wohl keiner weiteren Ausführung. Die Wärme ist nur einzige Bedingung für das Pflanzenleben und die einseitige Beurtheilung des letzteren nach der Höhe der Temperatur, welcher es unterworfen ist, kann niemals zu sicheren Folgerungen führen. Interessant sind aber jene Versuche, die Erscheinungen der Vegetation durch gewisse Zahlen zu begränzen und festzustellen, weil sie neue Gesichtspunkte uns eröffnen für die Erforschung des vegetabilischen Lebens, weil sie eben in ihrer Mangelhaftigkeit die Bedeutung sämmtlicher Bedingungen für das Gedeihen der Pflanze uns erkennen lassen, und weil sie stets aufs Neue uns anregen zu genauen Beobachtungen der Natur nach den verschiedensten Richtungen hin, mit deren Hülfe es uns gelingen muß, die einfachen Gesetze immer tiefer zu ergründen, nach welchen die Bildungen im lebendigen Organismus, wie

die Veränderungen in der Mineralwelt unzweifelhaft bestimmt und geordnet sind.

Wie die Masse und Häufigkeit der Feuchtigkeitsniederschläge im Allgemeinen auf den Verlauf der ganzen Vegetation einwirkt, so wird auch der jedesmalige Charakter der letzteren oder das Vorkommen und die Verbreitung einzelner Pflanzenspecies wesentlich bedingt durch die jährliche Regenmenge und ganz besonders durch deren Vertheilung auf die einzelnen Jahreszeiten. Eine größere Menge der Feuchtigkeit erzeugt, wie Unger bemerkt, Wälder und dünnblättrige Pflanzen, eine geringere Menge ruft Pflanzen mit trocknen, saftlosen Blättern, blattlose, stachliche und behaarte Gewächse oder saftige Zwiebelgewächse und Fettpflanzen hervor. Die vorübergehenden heftigen Regen der Tropenländer wirken anders auf die Vegetation als die kleinen, aber häufig wiederkehrenden der gemäßigten Klimate. Jene sagen einer massigen Vegetation zu, diese begünstigen vorzugsweise die zarte Moosbildung. Kämtz spricht sich über das Verhalten des Regens zur Vegetation folgendermaßen aus. Die Temperatur und Helligkeit des Sonnenlichtes im Sommer ändern sich dann am meisten, wenn heitere und Regentage wechseln. Wo also die Sommerregen fehlen oder nur unbedeutend sind, werden diese Oscillationen geringer; ohne daß die mittlere Wärme einen beträchtlich höheren Grad erreicht, befolgt sie einen mehr regelmäßigen Gang. Schon längst ist darauf aufmerksam gemacht worden, daß die Flora des südlichen Frankreichs bedeutend von der des mittleren abweiche; Pflanzen, die in großer Menge am Meeresufer wuchern, kommen bei Lyon nicht fort; die mittlere Jahreswärme dieser Gegenden ist wenig verschieden: hierin kann der Grund der Differenz nicht liegen, ebenso wenig in der geognostischen Verschiedenheit des Bodens. Wenn auch Pflanzen vorzugsweise auf einer Gesteinsart fortkommen und auf anderen fehlen, so werden dadurch zwar Differenzen in der Vertheilung dieser Species erzeugt, nie aber wird der Charakter der ganzen Flora geändert. De Candolle hat im zweiten Bande der Flore française eine Karte von Frankreich geliefert, auf welcher er mit Ausschluß der Gebirgsgegenden drei Floren unterscheidet, die des südwestlichen Frankreichs (Bordeaux, Toulouse, La Rochelle), die des mittleren Frankreichs und die des südlichen Rhonethales. Man darf aber diese einzelnen Regionen nur mit den hier vorhandenen Regenverhältnissen vergleichen, um sich zu überzeugen, daß letztere die Hauptrolle dabei spielen. Während nämlich in der ersteren Region die Sommerregen häufig sind,

Bedeutung der Regenmenge für den Charakter der Vegetation.

nehmen sie an Zahl in der zweiten, noch weit mehr aber in der dritten ab. Ganz ähnliche Erscheinungen beobachtet man in Italien. In der Nähe von Genua gedeihen Palmen, nicht sowohl, weil sie durch die Alpen vor den Nordwinden geschützt werden, da diese wahrscheinlich ebenso vorherrschend sind als in Padua, oder weil die Linien gleicher Wärme hier eine bedeutende Biegung erleiden, sondern weil die Sommerregen und damit die häufigen Temperaturdepressionen fehlen. Daher ist die Flora von Genua eine ganz andere als die von Piemont; nicht die dazwischenliegende Bergkette verhindert die Wanderung der Pflanzen, jene wirkt nur mittelbar, indem sie eine Verschiedenheit der Klimate bedingt. Auch bemerkte schon Saussure die Differenz, welche die Alpen erzeugen. Bei Aosta traf er die Celtis australis und viele Kräuter, welche nördlich von den Alpen nicht wachsen.

E. Einfluß der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Bodens auf die Verbreitung der Pflanzen.

a. Einfluß der Bestandtheile des Bodens.

Entschieden hervortretende eigenthümliche Charaktere eines Bodens lassen sich stets auch in ihrem Einfluß auf die Gestaltung der auf diesem Boden sich entwickelnden Vegetation erkennen. Man hat versucht, nach diesem Zusammenhange zwischen den Bodenbestandtheilen und dem Gedeihen der Pflanzen, die letzteren in gewisse große Abtheilungen zu bringen; unter neueren Botanikern hat namentlich Unger mit dieser Art der Klassifikation der Pflanzen sich beschäftigt, zu deren Charakteristik ich nur ganz in der Kürze die folgenden Notizen gebe.

Vorkommen bestimmter Pflanzen auf bestimmten Bodenarten.

Ein Boden, welcher eine bedeutende Menge von Chlornatrium enthält (Salzboden), erzeugt bekanntlich eine eigenthümliche Gruppe von Pflanzen, die Halophyten oder Salzpflanzen, wohin z. B. die Gattungen Salsola, Anabasis, Salicornia, Mesembryanthemum, zum Theil auch Chenopodium, Glaux, Atriplex u. a. m. gehören. Ein sogenannter Salzboden findet sich am Meeresstrande und auch im Innern des Landes an Salzquellen, einigen größeren Landseen und in weiten Ebenen und Steppen. Es ist jedoch zu bemerken, daß sehr viele von den eigentlichen Meerstrandpflanzen nicht ins Innere des Landes sich hineinziehen, nur bei einzelnen ist dies der Fall; so findet man auf Salzboden im Innern von Deutschland von eigentlichen Strandpflanzen

nach Unger fast nur die folgenden: Salicornia herbacea, Chenopodium maritimum, Triglochin maritimum, Arenaria marina, Scirpus maritimus, Glaux maritima, Aster Tripolium, Plantago maritima, Glyceria maritima und Cyperus pannonicus. Dagegen scheint das Vorkommen von Ruppia maritima, Rumex maritimus, Atriplex litoralis, Chenopodium maritimum, Artemisia maritima, Statice Limonium u. a. auf den eigentlichen Meeresstrand beschränkt. An dem Ausgehenden des Salzthones von Salzflötzen in Tirol fand Unger keine Salzpflanzen woraus er schließt, daß die Qualität des Bodens auf Strichen von so geringer Ausdehnung von den Umgebungen gleichsam verdunkelt wird.

Auch das reichliche Vorkommen von Gips im Boden hat Einfluß auf das Vorkommen bestimmter Pflanzen. Auf dem Gipsboden findet man mehrere Arten von Gypsophila, Gymnostomum curvirostrum, Urceolaria gypsacea, Sarcoscyphus (Jungermannia) gypsophilus.

Als den Kiesel- oder Sandboden vorzugsweise charakterisirend werden angeführt: Arundo arenaria, Elymus arenarius, Festuca bromoides und myurus, Avena caryophyllea, Aira canescens und praecox, Carex arenaria, Panicum verticillatum, Plantago arenaria, Herniaria glabra, Jasione montana, Gnaphalium arenarium, Statice armeria, Astragalus arenarius u. a. m.

Den Thonboden, namentlich den aus Thonschieferfelsen entstandenen, bezeichnen unter andern folgende Pflanzen: Collema limosum, Parmelia saxatilis, Equisetum arvense, Bromus giganteus, secalinus und arvensis, Lathyrus tuberosus, Stachys palustris und arvensis, Tussilago Farfara, Petasites vulgaris, Potentilla reptans und argentea, Thlaspi campestre, Veronica arvensis, Hieracium intybaceum und grandiflorum, Rhododendron ferrugineum.

Noch ausgezeichneter soll der Kalkboden durch die Vegetation charakterisirt sein, wo nämlich der Kalk als große und ausgedehnte Gebirgsmassen auftritt. Man unterscheidet nach Unger:

1. Pflanzen, die diesem Boden ausschließlich eigenthümlich sind, die man auch kalkstete Pflanzen nennt, als z. B. Sesleria coerulea Phleum Micheli, Centaurea montana, Convallaria majalis, multiflora und verticillata, Erica herbacea, Seseli glaucum, Biscutella laevigata, Polygala Chamaebuxus, Rubus saxatilis, Hieracium saxatile, Leontodon Taraxaci und incanus, Centaurea montana, Plantago montana, Asperula odorata, Gentiana cruciata, Pyrola rotundifolia, Rhododendron hirsutum u. a.

2. Pflanzen, die dem Kalkboden nur vorzugsweise zukommen (kalkholde Pflanzen), wie z. B. Veronica urticaefolia, Gentiana asclepiadea und ciliata, Sedum album und Telephium, Anemone narcissiflora, Anthyllis vulneraria, Alchemilla alpina, Luzula maxima, Campanula pusilla, Primula veris und auricula, Vinca minor, Rosa alpina, Saxifraga aphylla u. s. w.

Der Torf- oder Moorboden erzeugt bekanntlich überall eine in Gattungen und Arten überaus übereinstimmende und gleichförmige Vegetation. Es ist zum Erstaunen, bemerkt Unger, wie diese einfache Combination von physikalisch-chemischen Verhältnissen so auf die Pflanzengruppirung von Einfluß ist, daß man Pflanzen der entferntesten Orte, Länder und Himmelsstriche ganz friedlich im geselligen Vereine auf dieser Unterlage sich versammeln sieht. Gewächse des äußersten Nordens, sowohl des europäischen wie des amerikanischen Continents und seiner Inseln erscheinen auf den Torfmooren des mittleren Europa's in Thälern und auf Bergen wieder und es scheint, als ob diese Sammelplätze alle, selbst die eingreifendsten, klimatischen Unterschiede auszugleichen im Stande wären.

Wahlenberg (für Schweden), Thomson (England), Zahlbruckner (nordöstliche Alpen) u. A. haben schon vor Unger auf die nach den geognostischen Verhältnissen abweichende Vegetation, namentlich in Berggegenden aufmerksam gemacht, und Lachmann hat in seiner Flora Braunschweigs die Pflanzen sogar nach allen verschiedenen Gebirgsformationen unterschieden.

Unsicherheit der Eintheilung der Pflanzen nach der Zusammensetzung des Bodens.

Ehe ich selbst hinsichtlich der vorliegenden Frage meine Ueberzeugung ausspreche, will ich noch einige Autoritäten erwähnen, welche mehr oder weniger entschieden gegen die Ansicht sich ausgesprochen haben, daß die chemische Zusammensetzung des Bodens vorzugsweise das Bestimmende sei für das Vorkommen und die Verbreitung gewisser Pflanzenarten. Unger selbst gesteht zu, daß auf das Vorkommen der bei weitem größten Anzahl der Pflanzenarten (die er deshalb auch bodenvage Pflanzen nennt) die Qualität des Bodens nicht bestimmend wirke; solche Arten nehmen mit den verschiedensten Mischungsverhältnissen desselben vorlieb und richten sich deshalb in ihrer Verbreitung weder nach einer bestimmten Gebirgsart, noch nach den vorherrschenden Bestandtheilen des Bodens. Ferner bemerkt Unger: Schon nach einer oberflächlichen Vergleichung fällt es in die Augen, daß die dem Kalke gegenüberstehende Formation des Thonschiefers (in Tirol) bei

weitem jenen Einfluß auf Gewächse, wodurch eine gewisse Bodenstetigkeit bedingt wird, nicht ausübt, und daher nur wenige Pflanzen auf die Benennung schieferstete mit Recht Anspruch machen können; die eigentlichen schieferfsteten Pflanzen unter den Phanerogamen sind fast ohne Ausnahmen Hochgebirgspflanzen. Endlich fand auch Unger, daß bodenstete Pflanzen einzeln hier und da auf den, ihnen in der Regel nicht entsprechenden Gebirgsarten vorkommen, so unter andern Kalkpflanzen auf Thonschiefergebirgen, Schieferpflanzen auf Kalkboden und daß diese Unregelmäßigkeit sich nicht selten sogar auf eine größere Anzahl von Individuen erstreckt.

Eine bekannte Erscheinung ist es, daß eine und dieselbe Pflanzenspecies in verschiedenen Ländern oft auf ganz entgegengesetzten Boden- oder Gesteinsarten vorkommt; so fanden sich von 39 Pflanzenarten, die nach Wahlenberg in den Karpathen auf Kalkformation erscheinen, 22 in der Schweiz und in Lappland auch auf Granit, von 6 dort dem Granit eigenthümlichen Pflanzen, 3 hier auch auf dem Kalk; Helleborus niger kommt in Tirol nur auf Alpenkalk vor, anderwärts auch auf Schiefer und selbst Erica herbacea nach Schouw auch auf vulkanischen Gebirgsarten. Unger sieht die Ursache dieses veränderlichen Vorkommens sonst bodensteter Pflanzen darin, daß einerseits entgegengesetzte Gebirgsarten in ihren Bestandtheilen zum Theil verwandt sind, oder doch auf der Oberfläche einen ähnlichen Boden erzeugen (wie Granit, Gneis, Glimmer-, Chlorit-, Thonschiefer), andererseits aber die Natur mancher Pflanze durch Akklimatisation in Bezug auf ihre Nahrung einige Veränderungen zu erleiden im Stande sei und daher manche Differenzen wieder ausgleiche.

Aber auch hinsichtlich der Flora eines und desselben Landes haben berühmte Botaniker sich gegen die Ansicht von einer wesentlichen Einwirkung der Bestandtheile des Bodens auf die Vertheilung der Pflanzen ausgesprochen. So behauptet Decandolle nach vieljährigen Beobachtungen in Frankreich, daß jede Pflanze in jeder Erdart wachsen könne und daß man nur in einer beschränkten Gegend Pflanzen antreffe, welche da einem gewissen Boden eigenthümlich seien. Nach Schouw sind in den Appenninen zwischen den Urgebirgen und dem Kalkgebirge keine besonderen Abweichungen hinsichtlich der Vertheilung der Pflanzen zu erkennen und noch weniger zwischen den Kalkgebilden und den vulkanischen Gebirgsarten Italiens. Auch Schleiden bemerkt, daß die Vertheilung der wildwachsenden Pflanzen in höherem Grade, als von den einzelnen

Bestandtheilen des Bodens, von seinen physikalischen Eigenschaften und von klimatischen Verhältnissen bedingt sei, eine Ansicht, der wohl gegenwärtig bei weitem die Mehrzahl der Botaniker beipflichten, welche auch ich entschieden für die richtige halte und in dem Folgenden versuchen werde vom wissenschaftlichen Standpunkte aus zu rechtfertigen.

Einfluß der leicht auflöslichen Mineralstoffe auf das Vorkommen der Pflanzen.

Chemisch kann ein Boden auf das Vorkommen gewisser Pflanzen nur einwirken durch seine auflöslichen oder doch leicht in den auflöslichen Zustand übergehenden Bestandtheile und zwar nur durch diejenigen Substanzen, welche direkt von der Pflanze aufgenommen werden und also als wesentliche Nahrungsstoffe für die letztere zu betrachten sind. Es ist sehr natürlich, daß die Gegenwart einer größeren oder geringeren Menge solcher pflanzenernährenden Stoffe im Boden, auch eine größere oder geringere Fruchtbarkeit des letzteren für die Entwicklung der vegetabilischen Substanz überhaupt bedingt und ebenso selbstverständlich ist es, daß, wenn ein einzelner Nahrungsstoff in besonders großer Quantität auftritt, hierdurch das Vorkommen und Gedeihen vorzugsweise derjenigen Pflanzen begünstigt wird, welche zu ihrem freudigen Wachsthum gerade an jenem Stoffe eine besonders große Quantität bedürfen. Diesen hier angedeuteten Einfluß sehen wir sehr ausgezeichnet in dem sogenannten Salzboden ausgesprochen, welcher durch seinen Reichthum an Kochsalz, also an leicht auflöslichem Natron das Hervorkeimen und die üppige Entwicklung der Salz- oder Natronpflanzen möglich macht; hier findet also ein direkter Zusammenhang statt zwischen den Bestandtheilen des Bodens und der auf demselben gedeihenden Vegetation. In ähnlicher Weise scheinen ferner einzelne, freilich verhältnißmäßig wenige Pflanzen, zu ihrem völligen Gedeihen einen besonders großen Gipsgehalt des Bodens zu verlangen. Wie man in der hier in Rede stehenden Beziehung von einem Natron- und Gipsboden spricht, so könnte man auch die Benennungen: Kali-, Kieselsäure-, Phosphorsäureboden u. s. w. rechtfertigen, indem diejenigen Pflanzen, welche eine besonders große Menge von jenen Mineralstoffen in sich aufzunehmen und zu verarbeiten vermögen, auch da sich am wohlsten befinden müssen, wo dieselben reichlich im Boden ihnen dargeboten werden, immer vorausgesetzt, daß alle übrigen Bedingungen zu ihrer Entwicklung gleichmäßig vorhanden sind. Es ist indeß hier wohl zu beachten, daß ohne Kali und Phosphorsäure keine einzige Pflanze, ohne Kochsalz und Gips aber sehr viele Pflanzen existiren können; es wird also durch das Vorkommen der letzteren Bestandtheile im Boden die Existenz einzelner Pflanzen erst

möglich, aber daraus folgt nicht, daß die allgemeinen Nahrungsstoffe, zu welchen Kali und Phosphorsäure gehören, ebenfalls das Vorkommen dieser oder jener Pflanze förmlich bedingen. Es ist bekannt, daß unter dem Einfluß geringerer Kalimengen wohl vorzugsweise solche Pflanzen auftreten, welche an sich schon zu ihrer vollständigen normalen Entwicklung nur wenig Kali bedürfen, aber keineswegs ausschließlich, sondern auch oft sehr kalireiche Pflanzen, die letzteren jedoch nur in dürftiger Entwicklung. Auf der andern Seite wird durch einen vermehrten Kaligehalt im Boden die Gestaltung der Vegetation immer mannichfaltiger, aber ohne daß die früher schon vorhandenen Pflanzen deswegen verschwänden, sie entwickeln sich im Gegentheil in einzelnen oder in allen ihren Theilen, wenigstens bis zu einer gewissen Gränze, weit üppiger, als vorher, sie nehmen gewissermaßen in Folge ihrer massenhaften Entwicklung den Charakter wahrhafter Kalipflanzen an. Als Beispiel kann ich hier auf die Cerealien oder die Gräser überhaupt verweisen, welche in ihrem normalen Zustande sogenannte Kiesel-Phosphorpflanzen sind, dagegen unter dem Einfluß sehr kalireicher Düngmittel vorzugsweise in Stengel und Blattbildung ganz außerordentlich an Masse der vegetabilischen Substanz zunehmen.

Sand und Thon können chemisch den Charakter der Vegetation nicht bedingen.

Wenn aber auch ein directer Zusammenhang zwischen den auflöslichen Mineralstoffen im Boden und der auf dem letzteren gedeihenden Vegetation vorhanden ist, obgleich in dieser Hinsicht durchaus keine auch nur einigermaßen sicher zu begränzende Bodenklassen und Pflanzengruppen aufgestellt werden können, so ist doch soviel klar, daß der reine Quarzsand und der Thon keinerlei directen Einfluß auf die Ernährung bestimmter Pflanzen ausüben können, denn diese Stoffe gehen gar nicht in den vegetabilischen Organismus über. Wenn wir auf einem Sandboden eine eigenthümliche Flora sich entwickeln sehen, so ist hiervon die Ursache nicht darin zu suchen, daß jene Pflanzen hier andere Nahrungsstoffe vorfänden, als in einem Thonboden; jene Erscheinung ist auch wohl selten durch die Gegenwart verschiedener Mengen von pflanzenernährenden Substanzen begründet, sondern sie ist fast ausschließlich die Folge des abweichenden physikalischen Zustandes, welcher den Sandboden von dem Thonboden unterscheidet. Die Mengenverhältnisse, in welchen die einzelnen mineralischen Nahrstoffe aufgenommen werden, sind für gewisse Pflanzengruppen, wie es scheint, unveränderlich; so ist z. B. die Zusammensetzung der Asche bei allen unseren gewöhnlichen Cerealien qualitativ und quantitativ dieselbe und dennoch wissen wir, daß auf

einem Sandboden, wo der Roggen mit großer Sicherheit und mit großem Erfolge gebaut wird, der Weizen nicht mehr fortkommt oder doch nur sehr dürftig sich entwickelt. Die physikalische Beschaffenheit des Bodens ist hier das bestimmende Moment für die Cultur, sei es daß dadurch die mechanischen Bedingungen für die Ausbreitung der Wurzeln der betreffenden Pflanze erfüllt sind oder daß der ganze physiologische Bau, die organische Structur des Gewächses und die in demselben stattfindenden chemischen und mechanischen Prozesse gerade ein bestimmtes Verhalten der Ackerkrume gegen die Wärme und die Feuchtigkeit verlangen. Auf welcherlei Weise diese dem Wachsthum einer bestimmten Pflanze zusagende physikalische Beschaffenheit hervorgebracht wird, ist an sich für das Gedeihen der Pflanze ganz gleichgültig, ob die zu große Zähigkeit des Thones durch fein zertheilten Quarzsand oder durch Kalk vermindert ist, ob der nöthige Zusammenhang des Sandes durch gewisse Beimengungen von Thon oder von Humus bewirkt wird, es ist gleichgültig, ob die am meisten einer bestimmten Pflanze zusagende wasserhaltende und wasserabsorbirende Kraft durch einen größeren Thon- oder Humusgehalt hervorgebracht oder auch durch häufigere atmosphärische Niederschläge zum Theil gleichsam ersetzt wird.

Der Charakter der Vegetation durch die physikalische Beschaffenheit des Bodens bedingt.

Der rothe Klee gedeiht vorzugsweise auf einem tiefen kalkhaltigen Lehmboden, nicht sowohl deswegen, weil er hier den zu seiner Ausbildung nöthigen Kalk vorfindet, sondern weil hier die erforderlichen physikalischen Bedingungen erfüllt sind; vielfache Erfahrungen und directe Versuche beweisen, daß er ebensogut und oft noch weit üppiger sich entwickelt auf einem ganz kalkarmen, aber warmen, humus- und kalireichen Sandboden, nur daß er auf dem letzteren mehr dem Auswintern ausgesetzt ist, eine Erscheinung, die mit seiner Ernährung gar nichts zu thun hat. Der weiße Klee verträgt einen leichten, nur hinlänglich feuchten Boden viel besser, als der rothe Klee und dennoch nimmt jener verhältnißmäßig ebenso viel Kalk in seinen Organismus auf als dieser; so viel Kalk, wie auch die kalkreichste Pflanze zu ihrer vollständigen Ausbildung bedarf, findet sie in jedem fruchtbaren Boden vor, namentlich wenn derselbe schon seit langer Zeit in Cultur genommen ist. In höher gelegenen Gegenden findet man zuweilen einen humusreichen aber fast völlig sand- und thonfreien Kalkboden, welcher vorzugsweise der Entwicklung der Blattfrüchte, also dem Klee, der Luzerne rc. günstig ist; derselbe Boden würde in niederer, wärmerer und trocknerer Lage völlig unfruchtbar für diese Pflanzen sich verhalten, denn hier würde die Ansammlung des Humus gehindert sein, dadurch

aber auch seine wasserhaltende Kraft sehr vermindert werden und seine jetzt zu hitzig und zehrend wirkende physikalische Beschaffenheit die Bedingungen nicht mehr erfüllen können, welch jene Gewächse zu ihrem freudigen Gedeihen erfordern. In dem feuchteren Klima Schottlands kann ein sehr sandiger Boden noch reichliche Weizenernten produciren, während ein ebenso zusammengesetzter Boden in Deutschlands Ebenen nicht mehr für die Cultur dieser Frucht benutzt werden kann, und wenn Unger anführt, daß in den Bergen Tirols die Getreideernten, namentlich bei dem Weizen, in Kalksteinterrains weit reichlicher ausfallen als in den Thonschiefergebieten, so wirkt hier doch offenbar der Kalk nur indirect auf das Gedeihen der Pflanzen, indem unter den vorhandenen klimatischen Verhältnissen der warme und lockere Kalkboden jenen Früchten mehr zusagt, als der kalte, nasse und träge Thonboden; der Weizen nimmt eine nur sehr unbedeutende Menge Kalk in seinen Organismus auf. Das Vorkommen und die normale Entwicklung bestimmter Pflanzen ist nur selten die Folge von eigenthümlichen im Boden befindlichen directen Nahrungsstoffen oder von den Mengenverhältnissen, in welchen diese auftreten; die Verbreitung der Pflanzen über die Erdoberfläche wird außer durch klimatische Verhältnisse fast ausschließlich bestimmt durch den physikalischen Zustand des Bodens, namentlich durch sein Verhalten gegen Wärme und Feuchtigkeit, wie gegen die wechselnde organische Struktur der in demselben sich ausbreitenden Pflanzenwurzeln.

b. Einfluß der physikalischen Eigenschaften des Bodens auf die Verbreitung der Pflanzen.

Wie im Allgemeinen, so kann man auch im Einzelnen die Bedeutung eines ganz bestimmten physikalischen Zustandes im Boden für das Vorkommen gewisser Pflanzen nachweisen. Die ganze Pflanzenwelt läßt sich ziemlich scharf in die großen Abtheilungen der Wasser-, Sumpf- (Moor-), Wiesenpflanzen und die Gewächse des trocknen Landes zerlegen. Der höhere oder geringere Grad der Feuchtigkeit bedingt jedesmal auch das Auftreten einer eigenthümlichen Flora; freilich wird durch die vorherrschenden Bestandtheile im Wasser selbst die Entwicklung dieser oder jener Pflanze begünstigt, selten aber das Vorkommen derselben geradezu bewirkt. Wiederholt bemerke ich hier ausdrücklich, daß ich die auflöslichen Bestandtheile des Bodens natürlich

Vertheilung der Pflanzen nach dem Feuchtigkeitsgrade.

keineswegs als überflüssig betrachte für das Gedeihen der Vegetation, man hat aber zu unterscheiden zwischen der Bedeutung der auflöslichen Stoffe für die Entwicklung der vegetabilischen Substanz überhaupt und deren Einfluß auf die Bestimmung des Charakters einer ganzen Flora; sodann muß man auch beachten, daß man die Pflanzen nicht nach den Bodenarten in Klassen gebracht hat, je nachdem dieselben viel Kali, auflösliche Kieselsäure, Phosphorsäure rc., also direkt pflanzenernährende Mineralstoffe enthalten, sondern gerade nach den besonders vorherrschenden Bestandtheilen des Bodens, als Pflanzen, welche ausschließlich oder vorzugsweise auf Sandboden, Thon- oder Kalkboden vorkommen. Die zuletzt angeführte Eintheilung ist unrichtig, insofern man hier das Bestimmende in der chemischen Wirkung jener vorherrschenden Bestandtheile sucht und nicht in der durch deren Gegenwart bedingten eigenthümlichen physikalischen Beschaffenheit des Bodens. Ob der sogenannte saure Humus in dem Moorboden eine direkt pflanzenernährende Thätigkeit ausübt und daher als direktes Nahrungsmittel auch das Vorkommen der eigenthümlichen Torf- und Moorpflanzen geradezu bedingt, oder ob auch hier das Bestimmende, wie gewöhnlich, außerhalb der Pflanze liegt, diese Frage läßt sich gegenwärtig nicht mit Bestimmtheit entscheiden.

Das Wasser selbst erzeugt je nach seinem physikalischen Verhalten verschiedene Pflanzen. In dem klaren und kalten Wasser der Quellen und der Bäche findet man in üppiger Entwicklung nebst andern Pflanzen Veronica Beccabunga, Nasturtium officinale, Ranunculus hederaceus, Potamogeton densus, in dem langsamer sich fortbewegenden Wasser der Gräben Alisma Plantago, Sagittaria officinalis, Mentha aquatica, Ranunculus fluitans, Scirpus fluitans, Sisymbrium amphibium und palustre, in schlammigen Gräben Bidens tripartita, in dem stehenden oder nur sehr langsam zu- und abfließenden Wasser der Teiche und an den Teichrändern bemerkt man Potamogeton natans und pectinatus, Typha latifolia, Acorus Calamus, Iris Pseudacorus, Scirpus palustris und lacustris, Callitriche verna, Myriophyllum verticillatum, Hippuris vulgaris, Hottonia palustris, Utricularia vulgaris, Nymphaea alba, Nuphar luteum, Ranunculus aquatilis, Phellandrium aquaticum. Wenn man die Pflanzen näher ins Auge faßt, welche nicht reine Wasserpflanzen sind, dennoch in ihrer Umgebung eine große Menge von Feuchtigkeit erfordern, so sehen wir zunächst in dem schwammigen und stets fast vollständig mit Feuchtigkeit getränkten Moorboden die bekannten

Torfmoose, außerdem aber auch Pflanzen einer höheren Organisation, wie Myrica Gale, Cineraria palustris, Pinguicula vulgaris, Vaccinium oxycoccus, Drosera rotundifolia und longifolia, Narthecium ossifragum, Malaxis paludosa, ferner die ganze Flora der moorigen und sumpfigen Wiesen, viele Arten von Carex, Schoenus, Eriophorum und Orchis, Cladium germanicum, Scirpus caespitosus, Holcus lanatus, Epipactis palustris, Scabiosa succisa, Pedicularis palustris, Menyanthes trifoliata, Parnassia palustris, Trollius europaeus, Geum rivale. Wenn für den Abfluß des überflüssigen Wassers Sorge getragen ist, so werden jene Pflanzen sehr bald verdrängt durch eine andere Vegetation, oft ohne daß hierzu eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Bodens erforderlich wäre, es finden sich jetzt die gewöhnlichen Süßgräser in zahlreichen Arten ein, ferner Hieracium paludosum, Lysimachia vulgaris, Rhinanthus major und minor, Cardamine pratensis, Ranunculus Ficaria und Flammula, Caltha palustris, Lotus uliginosus, Lathyrus palustris, Myosotis palustris, auf den besseren Wiesen auch verschiedene Arten von Campanula und Trifolium, Polygonum Bistorta, Phyteuma spicatum, Veronica Chamaedrys, Bellis perennis, Tragopogon pratensis, Euphrasia officinalis, Glechoma hederaceum, Viola odorata, Alchemilla vulgaris und zahlreiche andere Pflanzenspecies in mehr oder weniger üppiger Entfaltung, je nach der Menge und dem Gehalte des Wassers an pflanzenernährenden, namentlich alkalischen Verbindungen.

Vertheilung der Pflanzen nach ihrem Verhalten gegen das Licht.

Auch das Licht scheint Einfluß zu haben auf das Vorkommen und die Verbreitung der Pflanzen. Wenn es durch die grünen Blätter der Bäume gebrochen oder reflectirt bis zum Erdboden gelangt, so ruft es hier eine neue Flora hervor, namentlich wenn zugleich Feuchtigkeit und reichliche Mengen von pflanzenernährenden Stoffen zugegen sind, wie solches bekanntlich vorzugsweise in den Laubwäldern der Fall ist. Hier treten zahlreiche und eigenthümliche Pflanzen hervor, welche großentheils ausschließlich an den Waldboden gebunden sind, so Pyrola minor und rotundifolia, Oxalis acetosella, Geranium sylvaticum, Pedicularis sylvatica, Anemone Hepatica, nemorosa und ranunculoides, Geranium sylvaticum, Sanicula europaea, Adoxa moschatellina, Vicia sylvatica, Lathyrus sylvestris, Pulmonaria officinalis, Dentaria bulbifera, Chaerophyllum sylvestre, Carex sylvatica, Convallaria-Arten, Paris quadrifolia, Majanthemum bifolium, Asperula odorata, Melampyrum nemorosum, auf Waldwiesen auch Gentiana germanica und

campestris, Erythraea Centaurium, Angelica sylvestris. Hieran schließen sich die Pflanzen, welche die schattigen und feuchten Orte im Gebüsche, an Hecken und an Zäunen lieben, z. B. Chelidonium majus, Impatiens Noli tangere, Corydalis bulbosa, Lamium album, Ajuga reptans, Stellaria nemorum, Hypericum quadrangulum, Vicia sepium, Humulus Lupulus, und ferner die Gewächse, welche an dunklen Orten, im Schatten von Gebäuden, Kirchhofsmauern, auf Schutt- und Composthaufen besonders üppig gedeihen, also in einem an assimilirbarem Stickstoff und an Alkalien sehr reichen Boden, wie verschiedene Arten von Chenopodium und Atriplex, Urtica urens und dioica, Dipsacus pilosus, Hyoscyamus niger, Verbascum Thapsus, Lepidium ruderale, Fumaria officinalis, Malva rotundifolia, Conium maculatum, Parietaria officinalis.

Flora des Sandbodens in ihrem Verhalten gegen die anderer Bodenarten.

Der trockene und arme Sandboden ernährt Carex hirta, Plantago arenaria, mehrere Arten von Erigeron und Gnaphalium, Draba verna, Arenaria rubra, Spergula arvensis, Myosurus minimus, während auf solchem Sandboden, welcher einen höheren Grad von Feuchtigkeit besitzt, eine sehr mannichfaltige Flora vorkommt, welche an Zahl der Arten alle anderen Bodenarten in der Regel weit übertrifft und weder durch besondere Pflanzenfamilien charakterisirt ist, noch auch an besondere nur dem Sandboden eigenthümliche Stoffe gebunden erscheint. Die Flora des fruchtbaren Sandbodens ist wohl schwerlich von derjenigen des lockeren Lehm- und Mergelbodens, welcher jenem in physikalischer Hinsicht am nächsten steht, deutlich zu scheiden und ebenso ist es auch unmöglich, die Vegetation des reinen Thon- und Kalkbodens genau zu charakterisiren und nachzuweisen, welcher physikalische oder chemische Zustand dem Gedeihen dieser oder jener Pflanze vorzugsweise zusagt. Es liegen hierüber hinsichtlich der wildwachsenden Pflanzen, noch viel zu wenig zuverlässige Beobachtungen vor, und die letzteren könnten auch nur dann zu einem brauchbaren Resultate führen, wenn sie mit genauen Forschungen über die Beschaffenheit der betreffenden Bodenart in Verbindung gestellt würden. Für den Landwirth hat die Kenntniß der wildwachsenden Pflanzen nur in sofern einen Werth, als er nach dem Vorkommen dieser oder jener Pflanzengruppe die Güte seiner Wiesen einigermaßen

Geringer praktischer Nutzen der Klassifikation der Pflanzen nach Bodenarten.

beurtheilen kann; er richtet sein Augenmerk einmal auf das Vorkommen solcher Pflanzen, welche, seiner Erfahrung zufolge, die besten und kräftigsten Futtermittel sind, und sodann auf die Masse, welche diese Pflanzen an vegetabilischer Substanz erzeugen. Von Seiten der Wissenschaft

kann bei dieser Beurtheilung der Wiesen gegenwärtig der Praxis keine Unterstützung gewährt werden, da wir noch keine Idee davon haben, welches Mischungsverhältniß der auflöslichen, direkt pflanzenernährenden Stoffe im Boden vorhanden sein, in welchen Verbindungen unter einander sie dargeboten werden müssen, wie der ganze physikalische Zustand der verschiedenen Bodenbestandtheile beschaffen sein muß, wenn eine bestimmte Pflanze in Qualität und Quantität den höchsten Ertrag liefern soll, ja noch gar nicht einmal mit Bestimmtheit wissen, wie die verschiedenen Kräuter hinsichtlich ihres Futterwerthes zu einander sich verhalten und worauf der höhere oder geringere Futterwerth überall beruht. Es lassen sich daher nach dem Vorkommen einzelner Pflanzen oder vielmehr nach deren gutem Gedeihen nur wenige große Wiesenklassen aufstellen, wie saure oder moorige, trockene und feuchte Wiesen, keineswegs daraus aber sichere Anhaltungspunkte ableiten behufs einer näheren und zuverlässigen Klassifikation der Bodenarten des Wiesenlandes. Noch weniger aber können wir für die Klassifikation des in Cultur befindlichen Ackerlandes von einer Kenntniß der wildwachsenden Pflanzen Gebrauch machen, selbst wenn uns auch die Bedingungen ihres Gedeihens vollkommen bekannt wären, weil die hier vorkommenden Gewächse gar keine genaue Charakteristik zulassen. Auf einem und demselben Boden kann eine ganz verschiedene Flora sich einfinden, je nach dem Zustande der Cultur und der Düngung, je nachdem die physikalische Beschaffenheit durch den Anbau dieser oder jener Frucht eine Veränderung erlitten hat, sogar oft aus dem Grunde, weil durch die zufällige Einführung von fremden Samen das gleichzeitige Ausstreuen von allerlei Unkräutern veranlaßt worden ist, welche nun gleichsam cultivirt und gepflegt sehr bald den vorhandenen klimatischen und Bodenverhältnissen sich angepaßt haben.

F. Klassifikation der Bodenarten.

a. Momente zur Klassifikation der Bodenarten des Gebirgslandes.

Die im Obigen gegebene Uebersicht der allgemeinen klimatischen Verhältnisse hat uns die Ueberzeugung geliefert, daß eine Gebirgsgegend, hinsichtlich des in ihr betriebenen Ackerbaues, vielfache und beträchtliche Verschiedenheiten und Eigenthümlichkeiten darbieten muß, welche bei der Beurtheilung der auftretenden Bodenarten es

Unterscheidung zwischen Bodenarten des Gebirgs- und des Flachlandes.

nöthig machen, von anderen Gesichtspunkten auszugehen und auf andere Thatsachen sich zu stützen, als es bei der Bestimmung der Güte und Fruchtbarkeit einer Ackerkrume des Flachlands der Fall sein möchte. Im Folgenden habe ich nicht die Absicht, eine förmliche Klassifikation der Bodenarten des Gebirgslandes aufzustellen, ich will nur versuchen, die Momente anzudeuten, welche bei einer wirklichen Bonitirung mir Berücksichtigung zu verdienen scheinen; die Höhe, Form, Ausdehnung und geognostische Beschaffenheit bedingen bei einem einzelnen Gebirge schon eine so große Mannigfaltigkeit der klimatischen und Bodenverhältnisse wie von deren Einwirkung auf die Entwicklung der Vegetation, daß man kaum im Stande ist, gewisse allgemeine Gesichtspunkte aufzustellen und festzuhalten, geschweige denn eine bestimmte Klassifikation für alle Gebirgsgegenden zu entwerfen.

Bei der folgenden Betrachtung ist das gewöhnlich am Fuße des höheren Gebirges sich hinziehende und in die Ebene selbst allmählig auslaufende Hügelland ausgeschlossen, da dieses mit dem Flachlande in agronomischer Hinsicht in der Regel ganz ähnliche Verhältnisse darbietet und nicht selten das Letztere sogar an Fruchtbarkeit übertrifft, theils weil hier oftmals die unter der Oberfläche anstehenden, jüngeren Gebirgsformationen zu der Entstehung einer tiefgründigen, reichen Ackerkrume Veranlassung gegeben haben, theils weil die sanft heruntersteigenden Abhänge den geregelten Abfluß der Frühlingswasser begünstigen, eine vortheilhafte Wirkung, welche noch bedeutend erhöht wird, wenn dieses Hügelland nach Süden sich ausdehnend den befruchtenden Licht- und Wärmestrahlen der Sonne ausgesetzt und vor den rauhen Nord- und Ostwinden durch die unmittelbar vorliegenden Berge geschützt ist. Hier nehme ich nur auf die Gegenden Bezug, in denen das rauhe Gebirgsklima mit allen seinen Eigenthümlichkeiten zuerst anfängt deutlich hervorzutreten und auf die Entwicklung der Vegetation je nach den Umständen mehr oder weniger hemmend einzuwirken.

Eintheilung des Gebirgslandes.

Das Gebirgsland kann man nach Form und Richtung seiner verschiedenen Glieder in 4 Hauptabtheilungen bringen, von denen eine jede Ländereien umfaßt, welche besondere den Ackerbau hindernde oder fördernde Eigenthümlichkeiten darbieten. Diese 4 Abtheilungen sind die Hochebenen, Thäler, die südlichen und die nördlichen Abhänge.

Agronomisches Verhalten der Hochebenen.

1. Die Hochebenen bilden in größerer oder geringerer Höhe über der Meeresfläche ausgedehnte Flächen, welche in der Regel nur durch sanfte, wellenförmige Erhebungen und einzelne Hügelreihen durch-

schnitten, nach der einen oder anderen Seite entweder durch höher emporsteigende Gebirge begränzt, oder selbst die höchsten Punkte des Gebirges bildend mit steileren oder sanfteren Abhängen in die tieferen Gegenden sich hinabsenken. Die größere zusammenhängende Fläche, welche die Hochebene darbietet, gestattet einen ausgebreiteten Ackerbau, erleichtert die bei der Bestellung des Bodens, während des Wachsthums der Pflanzen und bei der Einbringung der Ernte nöthigen Operationen; die den Hochebenen gewöhnlich eigenthümlichen Boden- und klimatischen Verhältnisse unterstützen zum Theil die Bemühungen des Gebirgswirthes für die Cultur gewisser Pflanzen, zum Theil treten sie aber auch der Sicherheit des Ertrages störend entgegen. Die Gebirgsarten, welche das Gestein der Hochebenen zusammensetzen und hier auf die Bildung und Beschaffenheit der Ackerkrume wesentlichen Einfluß ausüben, sind in der Regel nicht sehr mannigfacher Art; es sind vorzugsweise die ältesten Schiefergebilde und unter diesen wiederum vorherrschend die krystallinisch-schiefrigen Gesteine, nämlich der Gneis und der Glimmerschiefer. Der Granit und die übrigen krystallinisch-massigen Gebirgsarten, welche im Gebirge häufig auf den höchsten Punkten zu Tage ausgehen, sind ebenso, wie die älteren Kalksteine, oftmals ausgezeichnet durch zerklüftete und zackige Felsformen von tiefen Spalten durchfurcht und mit steilen Abhängen versehen, und wenn sie auch nicht selten abgerundete Berggipfel zeigen, mit dazwischenliegenden, flachen Thälern, so sind jene doch fast niemals von so bedeutender Ausdehnung, daß sie auf den Namen von Hochebenen Anspruch machen könnten. Neben dem Gneis und Glimmerschiefer tritt auch der Thonschiefer zuweilen als Gebirgsart auf, besonders auf etwas niedrigeren Hochebenen. Hinsichtlich der Einwirkung der soeben angeführten schiefrigen Gebilde auf die Zusammensetzung wie auf die physikalische Beschaffenheit der Ackerkrume verweise ich auf die in einem früheren Capitel zusammengestellten Bemerkungen, nach welchen der Gneis und namentlich der Glimmerschiefer in größerer Höhe als der Thonschiefer für den Anbau von Cerealien und Kartoffeln, so wie für die Entstehung guter Gebirgswiesen noch günstige Bodenverhältnisse darzubieten scheint. Die klimatischen Verhältnisse der Hochebenen sind je nach der Erhebung derselben über die Meeresfläche unter einem bestimmten Breitengrade und besonders auch nach der Beschaffenheit der Umgebungen manchen Verschiedenheiten unterworfen. Bildet die Hochebene die höchste Erhebung des Gebirges, so ist die herrschende mittlere Jahrestemperatur

merklich größer als auf gleich hoch gelegenen Gipfeln einzeln stehender Berge, weil die Sonne während des Tages eine größere Fläche zu erwärmen im Stande ist, und zwar muß die Temperatur um so höher steigen, je mehr die oberste Bodenschicht eine lockere, sandige oder kiesige Beschaffenheit hat und jemehr man sich dem Mittelpunkte der Hochebene nähert; dagegen wird auch während der Nacht eine größere Wärmeausstrahlung stattfinden und die Temperaturverschiedenheiten zwischen Tag und Nacht sich sehr bemerkbar machen, so daß die Pflanzen selbst in einer schon weit vorgerückten Jahreszeit der Gefahr des Erfrierens in kalten und heiteren Nächten sehr ausgesetzt sind. Dieser letztere Umstand bewirkt auf Hochebenen, selbst bei einer verhältnißmäßig hohen mittleren Temperatur eine große Unsicherheit des Ertrages, welche bei einer agronomischen Beurtheilung dieser Gegenden keineswegs außer Acht gelassen werden darf. Die Austrocknung und größere Erwärmung des Bodens durch die Sonne steht auch mit einem selteneren Eintreten der Niederschläge des atmosphärischen Wassers in Verbindung, welcher Umstand jedoch in seinen nachtheiligen Wirkungen auf die Vegetation durch die häufigeren und stärkeren Thaubildungen wiederum ausgeglichen werden dürften. Es trifft nicht selten, daß auf den Hochebenen einzelne Vertiefungen, manchmal von 100 bis 150 Fuß tiefer gelegen, als die Hauptfläche selbst, ein sehr merklich kälteres und rauheres Klima besitzen, theils weil hier die Sonne nicht mit ihrer ganzen Kraft und gleichförmig wärmend einwirken kann, theils weil hier vielleicht während des Winters eine größere Menge von Schnee sich ansammelt und weil im Frühling und Sommer aus den höher gelegenen Gegenden das Wasser sich hierher herabzieht und nicht immer hinreichend schnell und vollkommen abfließen kann. Einen Hauptübelstand für den Anbau der freigelegenen Hochebenen bildet der nachtheilige Einfluß anhaltender und heftiger Winde, welche der Entwickelung der Pflanze ein mechanisches Hinderniß entgegensetzen und namentlich dann sich schädlich zeigen, wenn sie in Folge der herrschenden Richtung der Luftströmung oder der eigenthümlichen Gestaltung des Gebirges eine rauhe und eisige Beschaffenheit angenommen haben. Wo in unserer Zone eine Hochebene von einer höheren Bergkette nach der einen oder anderen Seite hin begränzt ist, wird die Gestalt und Ausdehnung derselben einen merklichen Einfluß ausüben auf die Stärke, Temperatur und Richtung der vorherrschenden Luftströmungen; schon niedrige Bergreihen, wenn sie an der südlichen Gränze sich hinziehen, können zuweilen nicht geringe Modi-

fikationen in den klimatischen Verhältnissen hervorbringen und störend auf die Sicherheit des Ertrages vom Ackerbau einwirken.

2. Die Gebirgsthäler sind in Größe, Gestalt, Richtung und Oberflächenverhältnissen sehr verschieden; sie sind entweder lang ausgedehnte, von steilen Abhängen begränzte Vertiefungen, welche theils durch Bäche oder Flüsse entstanden sind, theils auch zwischen zwei Berg- oder Hügelreihen sich hinziehen, oder sie sind mehr große, kesselförmige Niederungen mit sanft aufsteigenden Umgränzungen. Die Flußthäler sind in nicht zu hoher Lage und wo sie eine größere Breite annehmen, oft ausgezeichnet durch ein mildes Klima, da sie meistens vor dem Zutritt kalter Winde geschützt sind, während die steilen und kahlen Felswände von der Sonne erhitzt ihre eigene Wärme auch auf die mit einer Vegetationsdecke überzogenen Thalgründe ausstrahlen; hier bilden sich oftmals lehmige, sandige und kalkige Ablagerungen, welche die Entstehung einer tiefen, humosen, überaus fruchtbaren Ackerkrume veranlassen, deren Cultur allerdings nicht selten durch jährlich wiederholte Ueberschwemmungen gestört wird, jedoch auch wiederum in Folge der hierdurch veranlaßten Anhäufung von düngenden Substanzen um so lohnendere Erträge darbietet. Die flachen, und nach allen Seiten ausgedehnten Kesselthäler treten vorzugsweise in Gebirgen auf, deren Gestein krystallinisch-massiger, oft auch krystallinisch-schiefriger Natur ist; die hochgelegenen Thäler dieser Art sind häufig als gute Wiesengründe dem Landwirth und besonders dem Viehzüchter willkommen, die tiefer gelegenen Striche werden auch mannigfach zum Ackerbau benutzt, welcher oft freilich durch einen zähen, thonigen und feuchten Boden sehr erschwert wird, um so mehr, weil diese Thäler nicht selten einem verhältnißmäßig rauheren Klima ausgesetzt sind, als selbst bedeutend höher gelegene Hochebenen, jedoch mit Ausnahmen, welche vorzugsweise in der Höhe, Form und Richtung der Umgebungen begründet sind.

Agronomisches Verhalten der Gebirgsthäler.

3. Die südlichen Abhänge des Gebirges sind auf der nördlichen Halbkugel natürlich den wärmenden Strahlen der Sonne weit mehr ausgesetzt, als irgend ein anderer Theil der ganzen Erhebung; hier schmilzt im Frühjahr der Schnee am schnellsten, hier steigt die Gränze der Vegetation überhaupt, wie des Ackerbaues insbesondere weit höher hinauf, wie am nördlichen Abhange, hier wird der Ackerbau in um so höherer Blüthe stehen und um so erfolgreicher betrieben werden, je sanfter und langsamer das rauhe Gebirgsklima in das Klima des Flachlandes übergeht, und jemehr Form und Gestein des Gebirges die

Agronomisches Verhalten der südlichen Abhänge.

Bildung einer fruchtbaren, tiefgründigen und der Bestellung leicht zugänglichen Ackerkrume begünstigen. Doch eben die leichtere und größere Erwärmung des Bodens bringt hier auch einige auf den Ackerbau nachtheilig einwirkende Erscheinungen hervor, wenn gleich diese die vortheilhaften Einflüsse jener Lage keineswegs wiederum aufzuheben vermögen und auch nur in einzelnen Jahren, unter gewissen Witterungsverhältnissen störend aufzutreten pflegen. Hierher gehört zum Beispiel die Erscheinung, daß die Wintersaaten am südlichen Abhange des Gebirges, mehrfachen Beobachtungen zufolge, leichter auswintern, als dieses an anderen selbst gleich hoch gelegenen Punkten der Fall ist, eine Thatsache, welche darin ihre Erklärung findet, daß nämlich die gegen Süden abfallenden Striche dem für die Saaten oft so nachtheiligen Wechsel von Frost und Thauwetter in hohem Grade ausgesetzt sind; während nämlich die Schneedecke bei Tage unter dem Einfluß der Frühlingssonne dahinschmilzt, der Boden selbst zum Theil aufthaut und an der Oberfläche erweicht, stellt sehr häufig während der Nacht der Frost sich wiederum ein, die Erde wird dadurch abwechselnd gehoben und gesenkt, die feinen Wurzeln der jungen Pflanzen entblößt und zerrissen und diese selbst schließlich in ihrer Entwickelung gehindert oder gänzlich getödtet. Die dem Einfluß der hier die Oberfläche des Bodens oft unter einem fast rechten Winkel treffenden Sonnenstrahlen nicht ausgesetzten Gegenden haben offenbar durch die angeführte Erscheinung weniger zu leiden, da hier die Schmelzung und Entfernung des Schnees weit langsamer und allmähliger geschieht und die schützende Schneedecke also noch die Saaten überzieht zu einer Zeit, zu welcher die südlichen Abhänge des Gebirges schon vollständig von derselben befreit sind.

Agronomisches Verhalten der nördlichen Abhänge.

4. **Die nördlichen Abhänge** des Gebirges bieten aus leicht begreiflichen Ursachen dem Ackerbau die ungünstigsten Verhältnisse dar. Die nördlichen Abhänge zeigen eine ungleich niedrigere mittlere Jahres- und Sommertemperatur, als gleich hochgelegene Plateaus oder nach Süden absteigende Flächen, hier ist die Cultur des Wintergetreides oft wegen der sehr langsamen Schmelzung des Schnees im Frühjahr nicht mehr rathsam, und auch die Bestellung der Sommersaaten mit großen Schwierigkeiten verbunden, nicht selten erst nach einer mühsamen Entfernung der Schneemassen möglich, wo solche in den Vertiefungen der Abhänge in großen Quantitäten sich angehäuft haben. Auch nach der Saat sind diese Früchte, wegen des rauhen Klima's, vielfach der Gefahr des Er-

frierens ausgesetzt, die Kartoffeln besonders müssen aus diesem Grunde manchmal, nachdem schon die ersten grünen Blätter hervorgetreten waren, von Neuem gelegt werden, wodurch natürlich die Zeit ihrer Vegetation und damit ihre vollkommene Entwickelung wesentlich beeinträchtigt wird. Im Herbste häufen sich die nothwendigen Arbeiten zur Einbringung der nothdürftig gereiften Früchte in den höheren Gebirgsgegenden so sehr, daß der Landwirth nur mit der äußersten Anstrengung und mit Aufwendung von kostspieligen, keineswegs immer vorhandenen Arbeitskräften vor der Gefahr einer Mißernte sich zu schützen im Stande ist und selbst bei aller Umsicht wird er manchmal von einem plötzlich eintretenden Froste, von einem starken Schneefalle überrascht, welcher, wenn auch milde Witterung wieder eintritt, ihn doch um den größten Theil seiner gehofften Ernte bringt. Wo freilich solche dem Ackerbau ungünstige klimatische Verhältnisse herrschen, sollte der Gebirgswirth sich auf den Anbau von Futterkräutern, also auf die Viehzucht beschränken; jedoch ist in dieser Hinsicht in der Regel die Dichtigkeit der Bevölkerung selbst maßgebend, indem in Gegenden, wo außer dem Ackerbau noch andere Gewerbe, wie der Bergbau und das Fabrikwesen einen großen Theil, ja die Mehrzahl der Bevölkerung beschäftigt, — der Ackerbau begreiflicher Weise immer höher hinauf, in ein immer rauheres Klima gewaltsam hineingedrängt wird, durch die Hoffnung, wenigstens doch in günstigen Jahren in der Nähe möglichst billige Nahrungsmittel zu erzielen, welche sonst aus den reicher beglückten Ebenen und Niederungen mühsam erst ins höhere Gebirge geschafft werden müssen.

Eintheilung des Gebirgslandes nach dessen Erhebung.

Wenn wir im Vorhergehenden in den Gebirgsgegenden 4 Hauptabtheilungen festgestellt haben, welche hinsichtlich ihrer klimatischen und zum Theil auch mineralogischen Beschaffenheit gewisse allgemeine Charaktere zeigen, so werden wir auch bei der weiteren Verfolgung der klimatischen Verhältnisse jede dieser 4 Hauptabtheilungen wieder in mehrere Unterabtheilungen bringen müssen, welche vorzugsweise durch die größere oder geringere Erhebung des näher zu bestimmenden Ackerbodens über der Meeresfläche bedingt sind. Die Zahl dieser Unterabtheilungen, sowie die Größe der Erhebung, welche zwischen jeder derselben angenommen werden kann, läßt sich durchaus nicht im Allgemeinen bestimmen, wie denn überhaupt die Höhe, bis zu welcher der Ackerbau betrieben wird, außerordentlich verschieden und von mannigfachen äußeren Umständen abhängig ist. Jene Abtheilungen müssen vielmehr für jedes einzelne Gebirge unter Beobachtung aller Verhält-

nisse besonders bestimmt werden; denn nicht allein werden Gebirge, welche unter verschiedenen Graden der geographischen Breite liegen, hinsichtlich der Zahl jener Stufen sich von einander abweichend verhalten, sondern auch zwei Gebirge, welche auf völlig gleicher Linie zwischen Aequator und Pol sich befinden, dennoch oft sehr merklich verschiedene klimatische Verhältnisse darbieten, da auf diese die äußere plastische Form der einzelnen Gebirgsglieder, die Richtung, die Gesteinsbeschaffenheit, die Entfernung vom Meere ꝛc. wesentlichen Einfluß ausüben, wie bereits mehrfach angedeutet worden ist. Nur auf einen allgemeinen Punkt will ich aufmerksam machen, nämlich darauf, daß man bei der Aufstellung von Regeln zur Bestimmung der Bodenarten des Gebirges, keineswegs eine für alle Verhältnisse sich gleichbleibende Größe der Erhebungsverschiedenheit annehmen darf, wie etwa von 100, 200 ꝛc. Fuß; denn wenn auch eine solche Annahme für die niedern Gebirgsgegenden nicht mit erheblichen Irrthümern in der Bestimmung der wahren Ertragsfähigkeit einer Bodenart verbunden sein möchte, so würde dasselbe doch keineswegs für die oberen Gebirgsregionen behauptet werden können, da man offenbar hier bei der ungefähren Feststellung der Ertragsverminderung mit der Zunahme der Höhe nicht nach einer arithmetischen Progression von 1, 2, 3 ꝛc. fortschreiten darf, sondern eher einer geometrischen Progression von 2, 4, 8 ꝛc. sich bedienen muß, und dies um so mehr, als man sich der obersten, absoluten Gränze des Ackerbaues überhaupt nähert. Es muß nämlich nicht allein die in Folge des kälteren Klima's eintretende Abnahme in der Quantität der Ernte berücksichtigt werden, sondern auch ihre weit geringere Qualität und ganz besonders endlich die Gefahr, welcher hier der Ackerbau überhaupt ausgesetzt ist wegen des häufigen gänzlichen Mißrathens fast sämmtlicher cultivirter Pflanzen, welches hier je nach den verschiedenen äußeren auf das Klima modificirend einwirkenden Umständen, alle 3, 4, 5 ꝛc. Jahre im Durchschnitt angenommen werden kann, um so häufiger natürlich, je höher der Ackerbau künstlich durch die dichte Bevölkerung hinaufgedrängt worden ist.

Nähere Klassifikation der Bodenarten des Gebirgslandes.

Die nähere Klassifikation der Bodenarten beruht bekanntlich stets auf der physikalischen Beschaffenheit der Ackererde und des Untergrundes oder wird bestimmt durch die Gegenwart von größeren oder geringeren Quantitäten der vorherrschenden Bestandtheile, wie Thon, Sand, Kalk und Humus, wie auch durch die Tiefe der Ackerkrume. Daß diese Momente auch in Gebirgsgegenden für die Aufstellung einer naturgemäßen

Klassifikation benutzt werden können und müssen, bedarf keiner weiteren Erörterung; jedoch sind bei der Beurtheilung des Bodens nach seinen Bestandtheilen im Gebirge noch einige Punkte zu berücksichtigen, welche im Flachlande nicht so deutlich ausgeprägt sind. Im höheren Gebirge sind in der Regel die Feuchtigkeitsniederschläge von größerem Umfange oder wenigstens erfolgt wegen des kälteren Klima's das Austrocknen des Bodens weit langsamer als im Flachlande, wenn der Abfluß des überflüssigen und schädlichen Wassers nicht durch die Natur oder Kunst hinlänglich beschleunigt und geregelt wird; die rauhen Gebirgsländer leiden sehr leicht an Nässe, durch welche oftmals die Frühjahrsbestellung, wie überhaupt die zur Entwickelung einer freudigen Vegetation nöthige Erwärmung des Bodens sehr gehindert wird. Aus diesem Grunde zieht der Gebirgswirth nicht selten einen leichteren, lockeren, durchlassenden Glimmerschiefer- und Gneisboden einem undurchlassenden, sehr wasserhaltenden Thonschiefer- und unter den vorhandenen Verhältnissen leicht schwammig werdenden Humus-Boden vor, während die letzteren in tieferer, wärmerer Lage ungleich höhere Erträge geben, als die ersteren. Im Gebirge haben die Gesteinsarten, aus deren Trümmern und Verwitterungsproducten die Ackerkrume zunächst entstanden ist, einen mehr unmittelbaren Einfluß auf den Zustand der letzteren und auf den Grad der natürlichen Fruchtbarkeit, welche man in Folge der Bestandtheile ihr beilegen kann, wobei jedoch wiederum in Betracht zu ziehen ist, daß diese natürliche Fruchtbarkeit unter einem kälteren Klima weit langsamer sich entwickelt und der Vegetation zu Gute kommt, als dieses unter der Einwirkung eines wärmeren Himmels der Fall ist, da die Gesteine bei höherer Temperatur, bei einem häufigeren Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit leichter zerfallen und sich auflösen. Mit dem Einfluß eines milderen Klimas auf die humusartigen wie mineralischen Bestandtheile des Bodens hängt ebenfalls die schnellere Herstellung des Zustandes einer Ackerkrume zusammen, in welchem die letztere ganz besonders geeignet ist, das Wachsthum der ihr anvertrauten Pflanzen zu unterstützen und die zugeführten Düngstoffe mit ihrer ganzen ihnen einwohnenden Kraft wirksam zu machen; — ein Zustand des Ackers, den der praktische Landmann mit dem Namen der Gare des Bodens zu bezeichnen pflegt, und welcher im Gebirge nur durch die hier so sehr gebräuchliche und namentlich bei etwas lockeren und wenig bindigen Bodenarten, unentbehrliche mehrjährige Niederlegung des Ackers zu Grasland erreicht wird, nachdem derselbe vorher verschiedene Halm-,

Hack- und Blattfrüchte getragen hat und wahrscheinlich namentlich in Folge der durch deren Anbau hervorgebrachten veränderten physikalischen Beschaffenheit nunmehr aufhört, selbst nach Zuführung einer reichlichen Menge animalischen Düngers, einen vollständig lohnenden Ertrag zu geben, welche Fähigkeit in diesen Gegenden ihm erst durch eine 3 bis 4 Jahre lang vom Pfluge unberührt bleibende Grasnarbe wiedergegeben werden kann.

Es ist natürlich, daß alle übrigen Verhältnisse, welche im Flachlande auf die Einreihung einer bestimmten Bodenart in eine einzelne Haupt-, Unter- oder Zwischenklasse von Bedeutung sind, auch im Gebirge und in der Regel hier in noch weit höherem Grade als dort Berücksichtigung verdienen. Die steilen Bergabhänge, welche namentlich in volkreichen Gebirgsgegenden noch als Acker bearbeitet zu werden pflegen, erfordern wegen der Schwierigkeit der Bestellung eine vermehrte Thätigkeit und somit eine größere Anzahl des Zugviehes, deren Unterhaltung wiederum die Ernte von einer weit größeren Fläche Acker- und Graslandes wegnimmt, als in tieferen Gegenden, weil in den letzteren mit einem längeren Sommer auch eine größere Quantität und ein sichereres Gedeihen der Futterkräuter verbunden ist. Ferner ist die Abschüssigkeit der zu bestellenden Flächen, besonders bei einer hier häufig auftretenden seichten und durchlassenden Ackerkrume, die Ursache einer weit geringeren Wirksamkeit des Düngers, welcher bei starkem Regen natürlich zum großen Theile nebst den feinsten und hier sehr wesentlichen thonigen Substanzen, die noch in der Ackerkrume vorhanden sind, ausgelaugt und fortgeschwemmt wird. Andere Momente, wie die Entfernung der unterm Pflug befindlichen Ländereien vom Hofe, die Schwierigkeit des Transportes im Gebirge, die oft sehr bedeutende Abnutzung der Geräthschaften in Eisen und Holz, der mehr oder weniger leichte Absatz der Producte u. s. w., erwähne ich nur dem Namen nach.

Die Einwirkung der klimatischen Verhältnisse auf die Beschaffenheit der Ackerkrume und somit auf die mehr oder weniger üppige Entwicklung der Culturpflanzen hat hier eine ziemlich ausführliche Besprechung gefunden in dem, was der Gegenstand Allgemeines darzubieten schien. Bei einer ökonomischen Eintheilung der Bodenarten eines einzelnen Gebirgslandes, oder bei einer Bonitirung behufs der Regelung des Steuerwesens eines Staates würde man allerdings bei dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse die eigenthümlichen klimatischen Verhältnisse verschiedener oft einander nahe gelegener Gebirgsgegenden

Mangel an genauen Beobachtungen klimatischer Verschiedenheiten.

nicht so genau berücksichtigen können, als solches wohl wünschenswerth wäre, weil eben im Ganzen nur wenige sorgfältige und genaue Beobachtungen hierüber vorliegen; man würde vielmehr nur in ganz rohen Zügen und Umrissen, wie solche den Landwirthen der verschiedenen Gegenden ihrer Erfahrung nach im Gedächtnisse vorschweben, unsichere Anhaltepunkte sich zu verschaffen im Stande sein. Einer streng wissenschaftlichen Beurtheilung der Gebirgsländereien hinsichtlich ihrer Güte oder durchschnittlichen Ertragsfähigkeit würde aber, wie ich glaube, nothwendig eine möglichst genaue Feststellung der oft so eigenthümlich auftretenden klimatischen Einflüsse auf die Vegetation vorausgehen müssen, und da offenbar hier mit der Wissenschaft auch die Praxis gefördert werden würde, so kann ich nicht unterlassen aufmerksam zu machen auf die Wichtigkeit der sorgfältigen Beobachtung der täglichen und jährlichen Temperatur, des Barometerstandes, der Witterungsveränderungen, der Richtung des Windes, der größeren oder geringeren Ansammlung der Luftelectricität unter gleichzeitiger Aufzeichnung des Einflusses des Zustandes der Luft in den verschiedenen Jahren auf die Entwickelung der Culturgewächse, wie auch der verschiedenen wildwachsenden Pflanzen und unter genauer Berücksichtigung der physikalischen Beschaffenheit des Bodens wie der geognostischen Verhältnisse des Untergrundes. Durch solche vergleichende und mehrere Jahre hindurch mit Sorgfalt ausgeführte Beobachtungen im Gebirge würde der Wissenschaft eine Menge interessanter Vorlagen dargeboten werden, welche auf allgemeine Naturgesetze zurückgeführt zur Aufklärung nicht weniger, bisher noch ungelöst gebliebener Fragen in der Lehre der Ernährung der Pflanzen und in der Bodenkunde beitragen würden, und somit auch für die sichere, auf eine naturwissenschaftliche Basis gegründete Klassifikation der Bodenarten des Gebirgslandes, wie für die landwirthschaftliche Praxis überhaupt von unberechenbaren Vortheilen werden könnten.

b. Momente zur Klassifikation der Bodenarten des Flachlandes.

Die klimatischen Verhältnisse sind für die Klassifikation der Bodenarten des Flach- und Hügellandes nicht von Bedeutung, wenn die Ausdehnung desselben nicht so beträchtlich wird, daß der Unterschied von Süd und Nord, des See- und Landklima's sich bemerkbar macht. Nur wo niedrige Plateaus, oft in ihrer Höhe nur wenig von dem umgebenden Lande verschieden, dem freien Zutritt der Winde ausgesetzt

sind, und namentlich wenn diese durch eine gegen Süden und Südwest vorliegende Hügel- oder Bergreihe eine wesentliche Abkühlung erleiden, tritt das rauhere Klima in seiner nachtheiligen Einwirkung auf die Entwickelung der Vegetation überhaupt und das Gedeihen einzelner Culturpflanzen insbesondere deutlicher hervor und verdient dann allerdings auch hier die entsprechende Berücksichtigung.

Aeltere Versuche zur Klassifikation der Bodenarten.

Die bisher aufgestellten Klassifikationen der Bodenarten sind durchgängig mehr oder weniger künstliche Systeme; die verschiedenen Bodenarten finden ihre Einreihung in jene Systeme nach ihrem Humusgehalte, nach dem Verhältnisse, in welchem Thon und Sand mit einander gemengt sind, nach ihrer wasserhaltenden Kraft, nach ihrer Ertragsfähigkeit für Klee oder für die verschiedenen Culturpflanzen überhaupt ꝛc. Die Zahl und die Charakteristik der Bodenklassen ist bei den verschiedenen Schiftstellern sehr von einander abweichend, je nachdem diese auf den einen oder andern Umstand einen größeren oder geringeren Werth legen, aber Alle stimmen darin überein, daß die Aufstellung einer überall brauchbaren und zuverlässigen Klassifikation eine überaus schwierige Aufgabe, ja nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse gar nicht möglich sei. Der letzteren Ansicht stimme auch ich bei, denn ich hege die Ueberzeugung, daß eine, selbst den strengsten Sachverständigen zufriedenstellende Bodenklassifikation den Ideen angehört, auf deren Verwirklichung wir erst nach dem Verlaufe vieler Jahre, ja vielleicht mancher Jahrhunderte hoffen können, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil ich in der Lösung dieser Aufgabe gleichsam die Spitze, die Vollendung, das Ziel alles wissenschaftlichen Strebens in der Landwirthschaft sehe, ein Ziel, welches noch immer in dunkler Ferne schwebt, zu dessen Annäherung aber wir Alle, Praktiker wie Gelehrte, uns vereinigen und ein Jeder nach seinen Kräften thätig sein sollte. Die Aufgabe, eine vollkommen richtige Klassifikation aufzustellen, kann offenbar erst dann gelöst werden, wenn durch vielfache und unter ganz verschiedenen äußeren Verhältnissen ausgeführte und immer auf's Neue wiederholte Vegetationsversuche und chemische Analysen mit völliger Sicherheit ausgemacht worden ist, wie unter den verschiedenen, ebenfalls genau charakterisirten, klimatischen Verhältnissen, in der Ackerkrume, wie im Untergrunde die quantitative Mischung von Sand, Thon und Kalk beschaffen und in welchem mechanischen Zustande die einzelnen Bestandtheile vorhanden sein müssen, wenn die eine oder andere Pflanze zu der größten Vollkommenheit in ihren vor-

Schwierigkeiten bei der Aufstellung von Bodenklassen.

zugsweise nutzbaren und werthvollen Theilen gelangen soll; ferner müssen wir wissen, in welchem Zustande und in welcher Menge der Humus in den verschiedenen Bodenarten zur Erreichung des so eben angedeuteten Zieles am meisten beiträgt, in welchen Verhältnissen die auflöslichen Mineralstoffe der Pflanze am zuträglichsten sind, und wie man überhaupt den einen oder anderen, der Zusammensetzung nach genau bekannten Dünger am meisten wirksam machen kann, um mit dem möglichst geringen Kostenaufwande die größten Erträge zu erzielen. Ehe wir diese Kenntnisse erlangt haben, bleibt jeder Versuch zu einer naturgemäßen Eintheilung der Bodenarten mangelhaft und wissenschaftlich ungenügend.

Eintheilung der Bodenarten nach dem Humusgehalte.

Die Bedeutung des Humus für die Güte der Ackerkrume haben wir oben nachgewiesen, ohne daß wir in dem größeren oder geringeren Gehalte der Ackerkrume an diesem Bestandtheil auch eine direkte Garantie für die größere oder geringere Güte des Bodens finden konnten; daß z. B. unter allen Umständen die Ertragsfähigkeit einer bestimmten Bodenart nach der Gegenwart von $^1/_2$ bis 5 oder 10 Proc. Humus in einem entsprechenden Verhältnisse zunehmen sollte, ist eine Annahme, welche allerdings, nach Thaer's Vorgange, lange Zeit hindurch große Verbreitung fand und noch gegenwärtig ihre Vertreter hat, aber weder durch die Praxis selbst bestätigt wird, noch von der Wissenschaft gerechtfertigt werden kann. Es ist klar, daß der Humus nicht allein in Folge klimatischer Einflüsse wesentlich verschieden auf die Entwickelung der Pflanzen wirken muß, in nasser Lage ganz anders als in trockner, in kalter anders als in warmer ꝛc., sondern daß auch der mechanische Zustand der übrigen Bestandtheile des Bodens die Wirkung des Humus unterstützt oder derselben hindernd entgegentritt, so daß in Folge dieses Verhaltens die geringere Quantität des Humus in der einen Bodenart eine gerade ebenso große Wirkung ausübt, als der weit größere Humusgehalt einer anderen Ackerkrume.

Eintheilung der Bodenarten nach ihrem Gehalte an Sand und Thon.

Die gegenseitigen Mengenverhältnisse, in welchen der Sand und der Thon, die in fast allen Bodenarten bei weitem vorherrschenden Bestandtheile, zugegen sind, bieten für die Aufstellung einer Klassifikation schon einen weit besseren Anhaltepunkt, als der Humus für sich allein; nach der Menge des Thones und Sandes richtet sich häufig auch die Anwesenheit einer größeren oder geringeren Quantität anderer unmittelbar zur Ernährung der Pflanzen verwendeter Stoffe, wie auch die Gestaltung der physikalischen Eigenschaften der Ackerkrume, namentlich wenn man gleichzeitig den mechanischen Zustand, die gröbere oder

feinere Zertheilung, mehr oder weniger innige Mengung in's Auge faßt. Die genaue Bestimmung der physikalischen Eigenschaften einer Bodenart, besonders der wasserhaltenden Kraft, Consistenz und Farbe giebt in der Regel einen ziemlich sichern Anhaltepunkt für die Ergründung der Ertragsfähigkeit derselben unter dem Einfluß eines bestimmten Klima's, doch sind über die Beziehungen jener Eigenschaften zur Fruchtbarkeit des Bodens bisher noch zu wenige Untersuchungen und Beobachtungen angestellt worden, als daß man aus denselben für die Praxis, für eine wirkliche ökonomische Beurtheilung des Bodens wesentliche Vortheile hätte ziehen können.

Eintheilung der Bodenarten nach ihrem Reinertrage.

Die Klassifikation des Ackers wird fast durchgängig nach solchen Grundsätzen ausgeführt, welche aus dem Reinertrage desselben sich ableiten lassen, so daß die Bodenklassen von der 1. zu den folgenden fortschreitend, jedesmal um eine bestimmte Größe in ihrem Reinertrage niedriger werden. Die Ermittelung des Reinertrages eines Ackers ist oft mit großen Schwierigkeiten verbunden, indem zu diesem Zwecke eine Menge von Fragen im Voraus beantwortet werden müssen, wozu nicht immer die erforderlichen Vorlagen bei der Hand sind, oder überhaupt herbeigeschafft werden können. Die wichtigeren Punkte, welche bei der Ermittelung des Reinertrages eines Grundstückes genau und vollständig in Betracht zu ziehen sind, und in der Regel auch bei der Bonitirung im Großen Berücksichtigung finden, sind nach Block die folgenden:

1. Die Größe und Lage des Ackers, Beschaffenheit des Bodens, die Gleichartigkeit desselben, die Tiefe der Ackerkrume, der Untergrund und überhaupt die physikalischen Eigenschaften desselben.

2. Die Früchte, welche vorzüglich darauf gedeihen, besonders die Kleefähigkeit, so wie auch der Ertrag an Brach- und Stoppelweide.

3. Der Düngungszustand, die Einsaat und der muthmaßliche Durchschnittsertrag.

4. Die Schwierigkeit der Bearbeitung, die Entfernung vom Gehöfte, der Zustand der Wege.

5. Die Kosten des Spannviehes und der Tagelöhner, also überhaupt die Bestellungs- und Perceptionskosten, so wie die Kosten der Düngung.

6. Die Servitute, Belästigungen, die Gefahren und mehr oder minder oft vorkommende Beschädigungen, denen das Grundstück ausgesetzt ist.

7. Die merkantilischen Verhältnisse, Absatz der Producte, Durchschnittspreise; außerdem müssen auch die Kosten für die Verzinsung und Instandhaltung der nöthigen Gebäude, oder die Scheuermiethe, Assecuranz, Administrationskosten ꝛc. in Rechnung gebracht werden.

Ermittelung des Bruttoertrages.

Um den Reinertrag eines Grundstückes festzustellen, ist natürlich zunächst und vor allen Dingen nothwendig, den Bruttoertrag und zwar wo möglich von allen auf demselben cultivirten Pflanzen zu ermitteln, eine Ermittelung, welche nicht immer mit einer Einsicht in die Ernteregister, welche außerdem auch nur selten vollständig vorliegen, vollendet ist, denn es ist klar, daß der Ertrag eines Ackers nach dem Düngungszustande, nach der mehr oder weniger sorgfältigen Bearbeitung, nach dem Fruchtwechsel, nach den Witterungsverhältnissen, wie auch überhaupt nach der größeren oder geringeren Intelligenz des augenblicklichen Besitzers ein wesentlich verschiedener sein wird. Man hat daher in jeder für die Praxis bestimmten Klassifikation für die verschiedenen Hauptklassen der Bodenarten eine mehr oder weniger wissenschaftlich gehaltene Charakteristik entworfen, so daß eine gewisse physikalische und chemische Beschaffenheit einer Bodenart die Einreihung in diese oder jene Klasse bedingt und gleichsam unabhängig von den durch Versuche erlangten Ernteresultaten dasteht, aber mit diesen natürlich, welche im Voraus für jede Klasse nach möglichst allgemeiner Erfahrung schon festgestellt sind, wenigstens ziemlich genau in Uebereinstimmung sich befinden muß. Es kann aber eine solche Charakteristik der einzelnen Bodenklassen gegenwärtig aus Gründen, welche wir oben angedeutet haben, niemals in bestimmten Ausdrücken abgefaßt, und die Klassen unter sich hinlänglich scharf abgegränzt sein, ein natürlicher Mangel, welcher in der Praxis durch den sogenannten praktischen Blick des Boniteur's ersetzt werden muß, welcher allerdings Großes leistet, aber nicht Jedermanns Sache ist und jedenfalls erst nach langer Uebung erlangt werden kann. Aber selbst, wenn man im Stande wäre, den Roh-, wie den Reinertrag eines Ackers für die Gegenwart genau zu bestimmen und zwar, wie es der leichteren Uebersicht und gegenseitigen Vergleichbarkeit wegen geschehen müßte, nach einem einzigen bestimmten Wirthschaftssysteme, etwa nach dem sogenannten verbesserten Dreifeldersysteme, so würde dennoch schon nach wenigen Jahren eine Revision, wo nicht eine vollkommen neue Bonitirung vorgenommen werden müssen, und zwar um so eher, je verschiedener die plastischen und somit klimatischen Verhältnisse des Landes selbst sind, und je mehr die landwirth-

schaftliche Intelligenz nur Eigenthum des größeren Grundbesitzers, dem kleineren aber fremd ist. Die Gegenden, welche dem Ackerbau im Ganzen ungünstige Boden- und klimatische Verhältnisse besitzen, können begreiflicherweise selbst bei großer Intelligenz mit den großen Fortschritten, welche die Landwirthschaft in den letztverflossenen Jahren gemacht hat, nicht in gleichem Grade ihre Erträge steigern, wogegen die an sich schon sehr fruchtbaren Ländereien durch eine zweckmäßige Bewirthschaftung, durch die Einführung eines den Verhältnissen völlig entsprechenden Fruchtwechsels, oft um das Doppelte und mehr ihre Reinerträge vergrößert sehen; es wird also nach wenigen Jahren schon ein Mißverhältniß in den in früherer Zeit für richtig befundenen Erträgen der verschiedenen Grundstücke nothwendig eintreten, welches, wenn jene Bonitirung einer Besteuerung des Grund und Bodens als Richtschnur gedient hat, eine Unzufriedenheit erregen muß bei den Bewohnern der von der Natur weniger beglückten Landschaften, wie auch im Allgemeinen bei den kleineren Grundbesitzern, welche natürlicherweise weder in Intelligenz noch in Kapitalien mit dem größeren Besitzer rivalisiren können.

c. Beispiel einer für den praktischen Gebrauch entworfenen Klassifikation der Bodenarten.

Die in früherer Zeit von Thaer, Schwerz, Schübler, Crome u. A. aufgestellten Klassifikationen der Bodenarten übergehe ich hier gänzlich mit Stillschweigen, weil sie in wissenschaftlicher Hinsicht nicht genau und umfassend genug sind, für die Praxis gegenwärtig nur in sofern noch Interesse haben, als sie bei der Aufstellung neuer Bodenklassen, welche wirklich im Großen bei der Bonitirung eines Landes in Anwendung gebracht wurden, benutzt und zum Theil auch zu Grunde gelegt worden sind. Ich entnehme vielmehr der Praxis selbst ein Beispiel der Bodenklassifikation und mache hier zunächst auf die behufs der Abschätzung des Grundeigenthums im Königreiche Sachsen aufgestellte und in den Jahren 1838 bis 1842 wirklich in Anwendung gebrachte Eintheilung der Bodenarten aufmerksam, welche vor anderen Versuchen ähnlicher Art durch eine leichte Uebersicht, durch möglichst genaue Begränzung der Klassen und Berücksichtigung aller äußeren Umstände und Verhältnisse sich auszeichnet, und selbst den auf Boden und Vegetation

modificirend einwirkenden klimatischen Einflüssen eine größere Beachtung zuerkannt, als dieses sonst zu geschehen pflegte.

Grundzüge der Bodenklassifikation in Sachsen.

Die Reihenfolge der Klassen ist so festgestellt, wie sich solche im Allgemeinen und namentlich im milden Klima nach ihren Reinerträgen abstufen. Nach der Bodenbeschaffenheit stehen diese Klassen in einer näheren oder entfernteren Verwandtschaft zu einander und zwar in drei Reihen:

Thonboden: Klasse I. III. VI. IX.
Lehmboden: „ II. IV. V. VII.
Sandboden: „ VIII. X. XI.

Klasse VIII bildet unter Umständen den Uebergang aus der zweiten in die drittte Reihe und nimmt unter anderen Umständen Eigenschaften der Klasse IX an; sie ist daher in gewissen Beziehungen mit allen drei Reihen verwandt. Klasse XII enthält alles Ackerland, welches nicht zu dem Anbau einer Getreideart, sondern blos durch seinen natürlichen Graswuchs als Weide nutzbar erachtet wird. Die Ertragsfähigkeit jeder dieser 12 Klassen des Ackerlandes wird nach dem Maß und Werth der Früchte bestimmt, welche von dem Acker bei landüblicher Cultur und wirthschaftlicher Behandlung nach den Regeln der Dreifelderwirthschaft unter Voraussetzung einer dem Ertrag entsprechenden Düngung, zu erwarten sind. Merkmale für die Bestimmung der Ertragsfähigkeit sind die Beschaffenheit der Ackerkrume, die Tiefe derselben, die Beschaffenheit des Untergrundes, die Lage und die klimatischen Verhältnisse.

Unterschied zwischen Thon- und Lehmboden.

Die Unterscheidung zwischen Thon- und Lehmboden ist in der Praxis seit undenklichen Zeiten allgemein angenommen; diese Benennungen verdienen auch in der Wissenschaft festgehalten zu werden; jene beiden großen Abtheilungen der Bodenarten besitzen gewisse allgemeine Charaktere, welche nicht sowohl in der chemischen Zusammensetzung, als vielmehr besonders in der physikalischen Beschaffenheit der Ackererde begründet sind. Thon und Lehm sind für den Chemiker Worte von gleicher Bedeutung, der Landwirth versteht jedoch unter Thonboden einen Boden von zäher, bindiger Beschaffenheit, welcher die mechanische Bearbeitung sehr erschwert, oft an Kälte, Näße leidet und eine nur geringe chemische Thätigkeit zum Besten der Vegetation entwickelt, er ist ein träger Boden. Der fruchtbare Lehm zeichnet sich durch vollkommene und innige Mischung der Hauptbestandtheile des Bodens aus und durch einen passenden und dem Wachsthum der Culturpflanzen gerade am meisten zusagenden Grad von Lockerheit, wärme- und wasserhaltender

Kraft und chemischer Thätigkeit. Man behauptet gewöhnlich, der Lehmboden sei ein Gemenge von Thon und feinem Sande zu gleichen Theilen, während der Thonboden den Sand in geringerer Menge enthalten soll. Diese Behauptung ist keineswegs immer richtig; man könnte leicht sich Proben verschaffen von wirklichen Lehmböden, welche hinsichtlich des beigemengten Sandes einen ganz gleichen Gehalt zeigen, wie viele Thonböden. Es liegt hier das Bestimmende in der Innigkeit der gegenseitigen Mischung beider Stoffe, ferner in der Menge und der Beschaffenheit des zugleich auftretenden Humus und des Kalkes und überhaupt in den durch mechanische Verhältnisse hauptsächlich bedingten physikalischen Eigenschaften, welche in dem Lehmboden die gerade erwünschte mittlere Thätigkeit für das Gedeihen der Vegetation entwickeln, dagegen nach beiden Seiten hin immer mehr ihren Extremen sich nähern, die sie in dem reinen Sandboden und dem reinen Thonboden erreichen und damit auch der Vegetation selbst ihre Gränze setzen.

Klimatische Abstufungen.

Jede der oben angedeuteten Klassen hat gewisse klimatische Abstufungen, welche mit der höheren oder niederen Lage der Flur auf die folgende Weise aufgestellt worden sind. Bis zu einer Höhe von 500 Fuß über dem Meeresspiegel der Nordsee erstreckt sich die erste Abtheilung oder die Region des milden Klima; mit der Höhe von 2401 Fuß beginnt die letzte Abtheilung oder die äußerste Region des kalten Klima. Zwischen diesen beiden Normalhöhen sind 19 Abtheilungen in gleichmäßigen Abstufungen von jedesmal 100 Fuß, als Uebergänge von dem milden ins gemäßigte, rauhe und kalte Klima eingeschaltet, so daß die Zahl der klimatischen Unterscheidungen überhaupt 21 beträgt. Für jede dieser Abtheilungen ist nach Maßgabe der größeren und minderen Einwirkung des Klimas auf nasse und trockne, schwerere und leichtere Ackerländereien bei den verschiedenen Ackerklassen im Voraus ein entsprechender Abfall der Reinertragssätze angenommen und berechnet worden, dessen Anwendung gleichmäßig mit der Einreihung einer Flur in diese oder jene klimatische Abstufung zu Folge der Höhenmessungen eintritt. Besondere örtliche Umstände, z. B. eine, nachtheiligen Wetterzügen und kältenden Winden ausgesetzte Lage, Nähe großer Waldungen und Gewässer, nördliche Abdachung u. s. w., welche in einer Flur vorgefunden werden und sicheren Nachrichten zufolge das Klima daselbst für das Fortkommen der Gewächse ungünstiger gestalten, als in anderen benachbarten Fluren von derselben Höhe, aber ohne dergleichen örtlich einwirkende Umstände, der Fall ist, finden

ihre Berücksichtigung überdies noch durch besondere Abzüge, welche in jedem solchen außerordentlichen Falle von den Reinerträgen sämmtlicher Ackerländereien der Flur in Abrechnung gebracht werden, aber 3 Proc. nicht übersteigen dürfen.

Neben den 12 Hauptklassen kann unter gewissen Umständen noch die Einschaltung der Ackerländereien in Zwischen- und Unterklassen stattfinden. Wenn die Hauptklassen den Begriff für gewisse Hauptarten des Ackerlandes abgeben, welche unter bestimmten Verhältnissen eine gewisse Ertragsfähigkeit haben, so besteht der Zweck und Unterschied der genannten Unterabtheilungen im Allgemeinen darin, daß die Zwischenklasse den Uebergang in der Bodenbeschaffenheit von zwei verwandten Hauptklassen, — die Unterklasse dagegen das Vorhandensein nachtheilig einwirkender örtlicher und äußerer Umstände bezeichnet; die letztere tritt in allen den Fällen ein, wo die Bodenbeschaffenheit eines Ackers an sich zwar der Beschreibung der Haupt- und Zwischenklassen im Ganzen gleich, die anzunehmende Tragbarkeit aber durch Schrintstellen, Schwitz- und Hungerquellen, größeren oder geringeren Steingehalt u. s. w. geringer erscheint, und wo die Abdachung und Lage von den in der Charakteristik aufgestellten Voraussetzungen dergestalt abweicht, daß blos dadurch das sonst eigenthümliche Verhalten der Bodenart einer Klasse sich verschlimmert zeigt. Die Werthsansätze der Zwischenklassen bilden das Mittel der Reinertragssätze der zwei Hauptklassen, worauf sie sich beziehen; die Werthsansätze der Unterklassen aber das Mittel zweier klimatischer Abstufungen der nämlichen Haupt- oder Zwischenklassen.

Aufstellung von Zwischen- und Unterklassen.

Anstatt die genauere Charakteristik der hier angedeuteten Bodenklassen zu geben, gehe ich lieber auf eine andere Klassifikation näher ein, welche mit Zugrundelegung der bei der praktischen Durchführung der königlich sächsischen Landesabschätzung gemachten Erfahrungen, unter Vermeidung der dort beobachteten Mängel, von Runde für die Verhältnisse des Herzogthums Altenburg entworfen und vor Kurzem veröffentlicht worden ist. Obgleich diese Klassifikation nur auf einen kleinen Theil des deutschen Landes zunächst sich bezieht, so ist doch die Mannichfaltigkeit der Bodenarten eine so große und das ganze System so umfassend, daß es mit wenigen Abänderungen auch vielen anderen Ländern angepaßt werden könnte. Die im Folgenden näher beschriebene Klassifikation scheint mir den Ansprüchen zu genügen, welche bei dem gegenwärtigen Stande der Praxis und der Wissenschaft überhaupt in

Für Altenburg entworfene Bodenklassifikation.

dieser Hinsicht gemacht werden können. Daß auch dieser Entwurf mancherlei Mängel hat und sehr vieler Verbesserungen hinsichtlich der genauen und sicheren Charakteristik der einzelnen Klassen fähig ist, bedarf wohl nach den früher gegebenen Mittheilungen keiner weitern Auseinandersetzung.

Leitende Grundsätze für die Klassifikation.

Die Eintheilung des Ackerlandes ist zunächst auf dessen unzweideutigste und erkennbarste Eigenschaft, die Cohäsion des Bodens, begründet; es sind gemäß den Begriffen von strengem (Thon), mildem (Lehm), leichtem (Sand) und kalkhaltigem Boden 4 Hauptabtheilungen gemacht worden, innerhalb deren die ihrem Cohäsionsverhalten nach verwandten und ähnlichen, aber hinsichtlich ihres Humusgehaltes, ihrer Mächtigkeit, ihres Untergrundes, ihrer Lage u. s. w. nichtsdestoweniger sehr verschiedenen Bodenarten in Klassen eingereiht werden konnten. Letztere stellen hiernach fünf Abstufungen in jeder der 4 Abtheilungen dar, die sich nach den Merkmalen, welche theils jene äußerlich erkennbaren Bodeneigenschaften, theils die Gewächse rücksichtlich ihres verschiedenartigen Fortkommens an die Hand geben, dergestalt bestimmen und bezeichnen lassen, daß nach Runde über die Frage, in welche Abtheilung und Klasse ein Ackerland zu stellen ist, bei einiger Uebung in diesem Geschäft nicht leicht Zweifel entstehen kann.

Charakteristik der einzelnen Klassen.

Hinsichtlich der Charakteristik der verschiedenen Bodenklassen, welche von Runde für das Herzogthum Altenburg aufgestellt worden sind, müssen wir uns auf folgende kurze Uebersicht beschränken.

Strenger oder Thonboden.

I. Abtheilung. Strenger Boden.

1. Klasse. Tiefer humoser Thon mit saugendem Untergrund. Die Ackerkrume ist auf durchlässigem Untergrunde gleichartig und in der Mächtigkeit von mindestens 2 Fuß aufgelagert; sie zeigt trotz des überwiegenden Thongehaltes dennoch eine mürbe Beschaffenheit in Folge der mildernden Einwirkung des reichlich und innig beigemengten Humus. Der Boden ist sehr reich an natürlicher Pflanzennahrung und gestattet von ihm längere Zeit ohne alle Düngung Ernten zu entnehmen; jedoch leiden die Getreidefrüchte mitunter durch schnellen Temperaturwechsel, Lohen und andere Zufälle, welche Nachtheile aber durch überaus reiche Ernten in günstigen Jahren mehr als ausgeglichen werden und besonders auch dadurch, daß auf diesem Boden Weizen, Raps und ähnliche edle, sonst mit keiner schnellen Wiederkehr verträgliche Früchte in kürzestem Wechsel cultivirt werden können.

2. Klasse. Reicher sandhaltiger Thon mit artbarem Untergrund; gewöhnlich dunkelbraun, dunkelgrau oder roth gefärbt, zuweilen mit Kieseln gemengt, oft in der Nähe von Trapp- und Porphyrgebirgen. Die Gemengtheile sind deutlich körnig und werden durch ein thoniges Bindemittel in ziemlich festem Zusammenhange erhalten. Der Untergrund muß zur Vertiefung der Ackerkrume geeignet sein und die Feuchtigkeit so weit eindringen lassen, daß sich in der Ackerkrume nicht leicht stauende Nässe ansammeln kann. Der Weizen wächst auf diesem Boden oft stark ins Stroh und liefert Körner von geringerer Beschaffenheit, weswegen auf diesem Boden meist Roggen als Winterfrucht angebaut wird; auch Gerste wird ungemein gefährdet durch einen den Acker kurz nach der Einsaat treffenden Schlagregen; Hafer sagt diesem Boden am meisten zu und ist von allen Früchten verhältnißmäßig hier die allerergiebigste und am meisten lohnende.

3. Klasse. Vermögender thoniger Lehm mit strengem Untergrund. Strenger bindiger Lehm, der zwar einen fühlbaren Gehalt von sehr feinem Sand, in der Regel aber keine Beimengung von gröberem Sand zeigt und nur durch Cultur und Düngerzufluß die mürbere Beschaffenheit und die dunklere in's Braungelbe übergehende Färbung, welche derselbe in der oberen Ackerkrume zeigt, angenommen hat; er kommt oft in der Nähe von Thonschiefergebirgen vor. Von dem Boden der vorhergehenden Klasse unterscheidet er sich theils durch sein mehr lehmiges, glättiges und gebundenes, als körniges und bröckliches Wesen, theils durch die verschlossenere und weit rohere Beschaffenheit seines meistens schon in der Tiefe von 6 Zoll hervortretenden Untergrundes. Besonders Weizen, aber auch Roggen, überstehen bei gehörigen Entwässerungsvorkehrungen den Winter auf diesem Boden gut; Sommergetreide und Hülsenfrüchte gedeihen nur gut, wenn das Ackerland durch starken Frost im Winter mürbe gemacht, im Frühjahr gut bearbeitet ist und die erste Vegetationsperiode durch warme und fruchtbare Witterung begünstigt wird. Dem Kopfklee sagt derselbe vorzugsweise zu.

4. Klasse. Magerer, lehmiger Thon mit lettenartigem Untergrund. Er enthält wenig Humus, ist meist fahlgelb gefärbt, bei starkem durchdringendem Regen dem Verschlemmen ausgesetzt; vorübergehende Regen machen die Oberfläche, wie man zu sagen pflegt, wasserhart. Anhaltende Nässe dagegen übersättigt die meistens nur seichte Ackerkrume sehr bald, weil der Untergrund sich in der Regel

undurchlässig verhält. Oft sind dergleichen Felder mit Gallen- und Schwitzstellen behaftet. Das Gedeihen der Winterfrüchte hängt größtentheils von günstiger Witterung im beginnenden Frühjahr ab; Weizen hält sich besser als der Roggen, Gerste kommt fast gar nicht fort und der Klee wird häufig durch den Frost gezogen und zeigt meistens nur einen dünnen Stand.

5. Klasse. Träger, naßkalter Thonletten mit ganz verschlossenem Untergrund; kommt am häufigsten in der Nähe von Schieferthon und kalkartigen Gebirgsarten vor, und macht sich insbesondere durch sein klebriges, schmieriges Wesen nach einigermaßen feuchter und sein schlammiges Zusammenlaufen bei anhaltend nasser Witterung kenntlich; ausgetrocknet verhärtet er dagegen so, daß weder Egge noch Pflug darin haften. Die Ackerkrume ist gewöhnlich sehr seicht und der lettige Untergrund gestattet keine Vertiefung derselben. Das Fortkommen aller Früchte ist in diesem Boden sehr mißlich und nur durch starke Düngung ein einigermaßen lohnender Erfolg zu erzwingen.

Milder oder Lehmboden.

II. Abtheilung. Milder Boden.

1. Klasse. Tiefer, milder, humoser Lehm mit gleichartigem Untergrund. Von dem humosen Thon unterscheidet dieser Boden sich dadurch, daß sein Gefüge lockerer und gewöhnlich ein mehr blättriges als körniges ist; daß er sich in der Hand weit mürber, milder, gleichsam elastisch anfühlt und zusammengedrückt keine festen Ballen bildet. Der Untergrund verhält sich hinreichend saugend und verhindert jegliche Ansammlung von stauender Nässe; die bräunlich gefärbte Ackerkrume ist von Steinen frei, fühlt sich mehr milde als rauh an und ist reich an schwärzlich faserigen Humustheilen und feiner moderiger Erde. Der reiche Ertrag dieses Bodens liegt mehr in der Seltenheit geringer, als in der ungemein großen Ergiebigkeit einzelner Ernten, und in dem ebenso sichern als bedeutenden Stroh- und Futtergewinn, welchen er liefert.

2. Klasse. Warmer, kräftiger, sandhaltiger Lehm mit abfallendem, aber noch anhaltendem Untergrund. Der Boden dieser Klasse leidet durch Nässe niemals und nur ausnahmsweise in sehr dürren Jahren durch zu starkes Austrocknen; der Humusgehalt ist minder groß als bei der vorigen Klasse, der Sand fühlbar schärfer und vorherrschender, die Ackerkrume oft mit einzelnen Steinchen vermengt und weniger mächtig, der Untergrund poröser, minder lehmig

und meistens mit roth und ochergelb gefärbtem eisenschüssigem Sand vermengt. Der Winterroggen gedeiht auf diesem Boden vorzüglich, auch Gerste und Hafer geben lohnende Ernten, jedoch nicht so regelmäßig und sicher als in der vorigen Klasse; Kartoffeln und namentlich Rüben gerathen fast immer sehr gut.

3. Klasse. Milder vermögender Lehm mit undurchlässigem Untergrund. Das Ackerland hat oft noch spatentief und tiefer dasselbe Aussehen, wie der Boden der vorstehenden Klassen, verhält sich aber mehr feucht als trocken, so daß bei anhaltend nasser Witterung schon wesentliche Nachtheile daraus erwachsen; oft sind auch Gallen- und Schwitzstellen vorhanden. In nassen Jahren wintert der Roggen zuweilen etwas aus, auch Gerste, Erbsen und Kartoffeln leiden, dagegen kann der Weizen noch mit gutem Erfolge gebaut werden, der Hafer gedeiht immer und der Klee, zumal in trockenen Jahren, sogar besser als auf Boden der vorhergehenden Klasse.

4. Klasse. Magerer, sandiger Lehm mit kiesigem Untergrund. Der sandige Lehm ist meistens mit vielen Kieseln und anderen Steinen gemischt, die ihn schon zu einem etwas hitzigen Boden machen. Der mit Steinen ebenfalls und zwar gewöhnlich noch in weit stärkerem Grade behaftete Untergrund befördert nicht nur das schnelle Austrocknen der Ackerkrume, sondern hält auch an sich, wegen seiner Durchlässigkeit, keine Feuchtigkeit an. Roggen geräth meist gut, die Sommerhalm- und Hülsenfrüchte gedeihen nur gut bei öfterem Regen, der Klee liefert gewöhnlich nur einen erträglichen Schnitt; Kartoffeln gerathen vorzüglich und gewähren den größten Ertrag von diesem Boden.

5. Klasse. Dürftiger, flüssiger Lehm mit naßkaltem, schluffigem, verschlossenem Untergrund. Sand- und steinhaltiger, schüttiger Lehm, der wegen schlechter Beschaffenheit des schon bei geringer Tiefe hervortretenden Untergrundes häufig an Nässe leidet. Mehr noch wie der geringere Thonboden hat er die Eigenthümlichkeit, bei anhaltendem Regen übersättigt zu werden und breiartig auseinander zu fließen, wogegen ihm die Neigung eine Kruste zu bilden oder stark zu zerklüften und zu verhärten, weniger beiwohnt. Der Anbau fast aller Fruchtarten, besonders aber der zu überwinternden Gewächse ist unsicher, weil Boden dieser Klasse nicht blos an stauender Nässe leidet, sondern auch wegen der Seichtigkeit der Ackerkrume öfter

auffriert, sich hierbei wechselnd hebt und senkt und die Pflanzen dadurch entwurzelt.

Leichter oder Sandboden.

III. Abtheilung. Leichter Boden.

1. Klasse. Reicher humoser Sandboden mit Untergrund von gleichartiger, in der Tiefe stets feuchter Beschaffenheit. Er muß sich vermöge seiner Lage in Niederungen von unten auf stets frisch erhalten, jedoch dürfen die in der Tiefe befindlichen Grundwasser niemals bis zum Wurzelstock der Pflanzen herauf stauen und diesen durch ein Uebermaß von Nässe nachtheilig werden. Die Feuchtigkeit verdunstet an der Oberfläche sehr bald und läßt diese öfter ganz staubig und dürr erscheinen, während die nur um Weniges tiefer liegende Bodenschicht sich, wenn auch nicht naß, doch mehr feucht als trocken anfühlt. Boden dieser Art steht wegen seiner geringen Bestellungskosten und seiner sichern Ergiebigkeit in trocknen und nassen Jahren meistens in hohem Werthe und hinter dem besseren Thon- und Lehmboden nur deshalb zurück, weil er wegen seiner lockeren Beschaffenheit sich nicht zum Standort aller Fruchtarten eignet und das Wuchern der lästigen Unkräuter, wie Hederich, Quecken u. s. w. sehr begünstigt.

2. Klasse. Feinkörniger, lehmiger Sand mit etwas anhaltendem Untergrund. Dem Sandboden dieser Klasse wohnt in Folge des feinen Kornes, woraus er besteht, noch einige Cohäsion und wasserhaltende Kraft bei, weswegen er sich innerhalb noch immer frisch anfühlt, wenn auch die Oberfläche nach dem Austrocknen ganz staubig geworden ist; häufig ist er mit Glimmerblättchen, öfter noch mit Steinen vermengt. Winter- und Sommerroggen gedeihen hier am besten, als Grünfutter wird fast nur Spergel gebaut, die Kartoffeln gerathen, namentlich in Qualität, ausgezeichnet.

3. Klasse. Feuchter, schluffiger Sand- oder Moorboden mit naßkaltem, eisenschüssigem Untergrund. Es gehören in diese Klasse zweierlei Bodenarten, welche hinsichtlich ihrer Kulturbedingungen und Ertragsverhältnisse auf ziemlich gleicher Stufe stehen, nämlich der nasse, träge, kaltgründige Sandboden, dessen Untergrund eine schluffige, gewöhnlich mit rostgelben Streifen durchzogene und mit Raseneisen- und sogenannten Ortsteinen vermengte Masse darstellt; und sodann der Moorboden, welcher angefeuchtet eine torfige, schlammige und lockere, abgetrocknet eine schwarzbraune, staubige Erde bildet, vom Winde leicht bewegt und vom Froste leicht gehoben wird, jedoch nicht versäuert ist. Das Wintergetreide ist auf beiden Bodenarten großen

Gefahren ausgesetzt, Hafer gedeiht noch am besten und giebt namentlich einen guten Strohertrag; ein Gemenge von Hafer und Wicken wird meist als Grünfutter gebaut, das Fortkommen des Klees, selbst der Kartoffeln und Rüben ist mißlich, wogegen das Kraut darauf meist gut zu gerathen pflegt.

4. Klasse. Trockener, magerer grobkörniger Sand mit dürrem durchlassendem Untergrund. Sandboden dieser Klasse zeigt sich nur angefeuchtet noch etwas bindend, im gewöhnlichen Zustande aber schon so pulverförmig und lose, daß er sich nicht mehr in der Hand ballen läßt; die Färbung ist in der Regel weißgelb; ist sie dunkel eisenroth und der Boden überhaupt mehr aus verwittertem Todtliegenden oder ähnlichen Sandsteinformationen gebildet, so erweist er sich gewöhnlich fruchtbarer und kann dann meistens schon dem Sandboden 2. Klasse beigezählt werden. Das Fortkommen von Winter- und Sommerroggen, Buchweizen, Kartoffeln und Spergel ist von günstiger, d. h. mehr feuchter als trockener Witterung abhängig.

5. Klasse. Grandiger, eisenschüssiger Sand und Kies, ingleichen Flugsand und torfartiger Flugboden. Einem Boden von dieser schlechten Beschaffenheit, welche keine reguläre Kultur mehr bezahlt, ist als Acker nur dadurch ein Reinertrag abzugewinnen, daß er zur Weide benutzt, von Zeit zu Zeit umgebrochen, auf gut Glück mit Roggen bestellt und sonach ohne Rückgabe von Dünger von ihm ein Strohertrag bezogen wird.

IV. Abtheilung. Mergel- und Kalkboden. Mergel- und Kalkboden.

1. Klasse. Reicher, humoser, thoniger Mergelboden mit gleichartigem Untergrund. Die Bindigkeit des Thons ist durch Humus und feinzertheilten Kalk ermäßigt; der Boden ist hinreichend porös, um ein schnelles Eindringen der Feuchtigkeit bis ins Innere der Schollen und Ackerklöse bei Regen zu gestatten. Nasse Jahre werden nicht gefürchtet, weil das Auffaugungsvermögen der Ackerkrume und des Untergrundes keine stauende Nässe aufkommen läßt. Bedenklicher ist anhaltend trockene Witterung, besonders während der Saatzeit, weil sich dann sofort eine Kruste bildet, die öfter das Aufkommen und Fortkommen der jungen Saaten gefährdet. Weizen und Bohnen geben auf diesem Boden vorzugsweise hohe Erträge.

2. Klasse. Vermögender kalkhaltiger Lehm mit schüttigem Untergrund. Dieser Boden ist weniger gebunden als der erster Klasse, er zeigt sich schon dem Gefühl nach sandhaltiger, während der

Untergrund steiniger ist. Mit einer Kruste pflegt sich auch dieser Boden öfters zu überziehen, jedoch ist solche meistens durch viele kleine Risse und Sprünge so gebrochen, daß die Saaten beim Aufgehen nicht leicht dadurch gefährdet werden. Die den Kalkboden überhaupt auszeichnenden Eigenschaften eines mäßig feuchten, mürben, warmen und thätigen Verhaltens vereinigt dieser lehmige Mergelboden am vollständigsten, weshalb sich auch schon die kleinste, ihm dargebotene Düngergabe wirksam zeigt, und alle darauf erbauten Früchte nicht nur merklich früher reifen, sondern in der Regel auch wegen ihrer Qualität in besonderem Rufe stehen, namentlich der Weizen; auch Gerste wächst sehr gut, und für die schmetterlingsblüthigen Gewächse, ganz besonders die Esparsette scheint dieser Boden die eigentliche Heimath zu sein.

3. Klasse. Kalkhaltiger Thonletten mit Haftsteinen in gleichartigem Untergrund. Den Hauptbestandtheil bildet ein von Eisen meist sehr verschieden gefärbter Thonletten; der Kalk ist nicht sehr innig beigemengt, man bemerkt oft größere Kalkkörner völlig frei in der Ackerkrume liegen; der Boden ist weit bindiger, als der der vorhergehenden Klassen und wird nach dem Austrocknen bald starr und fest, so daß er ohne Zutritt von Regen mit Pflug und Egge gar nicht zu bewältigen ist. Die eingesprengten Kalktheilchen bewirken, daß der Boden für die Luft zugänglich und für das Wasser durchlässig wird, so daß erfahrungsmäßig nasse Jahre dem Gedeihen der Früchte darauf keinen Eintrag thun und nur trockene Jahre gefürchtet zu werden pflegen. Der Untergrund erscheint sehr compakt, enthält aber viele Haftsteine und gestattet deshalb nicht die Vertiefung der meist nur seichten Ackerkrume. Weizen, Hafer, Erbsen und Klee sind die Kulturgewächse, welche sich am besten für diesen Boden eignen; für Gerste ist der Boden zu schwer, und Kartoffeln verkitten sich mit dem Boden so sehr, daß ihr Ausnehmen ungemein schwer fällt und außerdem ihr Gedeihen nicht gesichert ist; überhaupt gestattet derselbe vieles Sömmern nicht und es gehört vielmehr das öftere Halten reiner Brache zu den Bedingungen seiner entsprechenden Kultur.

4. Klasse. Sandiger Lehm-Mergel mit sehr steinigem Untergrund. Ein sich etwas rauh anfühlendes Erdreich von gelblich brauner Farbe, welches seicht auf kalksteinhaltigem Untergrunde lagert und mit vielen Kalktrümmern vermengt ist. Schon durch die Luft, mehr noch durch Frost, verliert dieser Boden so allen Zusammenhang, daß ihn der Wind von den Pflanzenwurzeln abweht, weshalb er auch im

gemeinen Leben „Flugboden" genannt wird. Der steinige Untergrund gestattet keine Vertiefung der seichten Ackerkrume. Weizen und Hafer vertragen sich noch am besten mit der Natur dieses Bodens; nicht selten findet man die Esparsette, ja zuweilen auch die Wicke, mit gutem Erfolge zur Fütterung darauf gebaut.

5. Klasse. Armer, dürrer, loser Sand-Mergel mit gleichartigem Untergrund. Der Boden besteht fast ausschließlich aus Kalksand und Kalksteinen; er wird zu einem regulären Anbau mit Früchten für zu hitzig erachtet und daher meistens nur als Weideland benutzt, welches von Zeit zu Zeit umgebrochen und mit Hafer besäet zu werden pflegt. Oefter findet sich solcher Kalksand mit bituminösen Bestandtheilen vermengt, wodurch er eine dunklere Färbung erlangt, sich milder anfühlt und ein besseres Ansehen, keineswegs aber an Fruchtbarkeit gewinnt, sondern nur die Eigenschaften annimmt, welche der Landmann dem sogenannnten „tauben Boden" beilegt.

Wichtigkeit physikalisch-chemischer Bodenuntersuchungen.

Die vorstehende Klassifikation der Bodenarten ist deshalb hier etwas ausführlich mitgetheilt worden, theils weil sie wegen ihrer praktischen Vorzüge vor anderen Versuchen ähnlicher Art eine möglichst ausgedehnte Verbreitung mir zu verdienen scheint, theils aber weil ich sie für geeignet halte, den Chemiker, welcher seine Zeit und Talente im Streben nach einer wissenschaftlichen Begründung des Ackerbaues zu verwenden geneigt ist, zu einer Untersuchung anzuregen, deren Resultate für die Praxis, wie für die Wissenschaft gleich interessant und werthvoll sein würden. Ich meine nämlich die Untersuchung der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Bodenarten, von denen jede einzelne in möglichster Schärfe mit der Charakteristik irgend einer der im Obigen beschriebenen Bodenklassen übereinstimmte; man würde dann ersehen können, ob die chemische Zusammensetzung der Ackererde mit den physikalischen Eigenschaften selbst bis auf genaue Zahlenverhältnisse in gegenseitiger Beziehung zu einander ständen, welche der physikalischen Eigenschaften vorzugsweise hier maßgebend seien und bis zu welcher Ausdehnung. Von ungleich größerer Bedeutung müßten jene Untersuchungen sein, wenn zu gleicher Zeit genaue Beobachtungen damit verbunden würden über die Ertragsfähigkeit der einzelnen Bodenarten, und zwar Beobachtungen, welche mehrere Jahre hintereinander und in einer Gegend angestellt würden, wo die verschiedenen Bodenklassen in möglichster Nähe neben einander und in ähnlicher Lage vorkämen, damit die Resultate nicht durch abweichende klimatische Verhält-

nisse größere oder geringere Modifikationen erlitten; wo aber die verschiedenen Bodenklassen nicht in größerer Mannichfaltigkeit aufträten, müßten wenigstens doch stets zweierlei oder dreierlei Bodenarten für diese Versuche benutzt werden, weil man erst dann für die Vergleichung mit anderen Gegenden und den hier erlangten Resultaten hinlänglich sichere Anhaltepunkte sich verschaffen würde. Es giebt kaum etwas Thörichteres und für die allgemeine Förderung der Landwirthschaft weniger Gleichgültiges, als die Resultate der gewöhnlichen im Großen oder im Kleinen ausgeführten Versuche zur Prüfung künstlicher oder natürlicher Düngmittel und zur Feststellung des Ertrages von dieser oder jener Culturpflanze, wenn nicht zu gleicher Zeit die Boden- und klimatischen Verhältnisse genügende, d. h. möglichst sorgfältige Berücksichtigung finden.

Die Praxis ist in der Beurtheilung der Ertragsfähigkeit einer Bodenart im Allgemeinen der Wissenschaft vorausgeeilt; die letztere wird hier, wie in manchen andern Zweigen der Landwirthschaft erst nachträglich die Erklärung verschiedener Erscheinungen zu liefern haben; sie wird deshalb in vieler Hinsicht wohl thun, ihre Bestrebungen an die Erfahrungen des Praktikers anzuknüpfen, aus der Praxis ihre Vorlagen und Aufgaben zu entnehmen, um durch die Resultate ihrer Untersuchungen der Landwirthschaft direkte Dienste zu leisten, bei den praktischen Oekonomen immer mehr Vertrauen zu gewinnen, und so zum Wohle des Einzelnen, wie der ganzen Menschheit immer größere Verbreitung und damit auch eigene Vervollkommnung zu finden.

Zweiter Abschnitt.

Ursprung, Zusammensetzung und Wirkungsart der Düngmittel.

Die Düngerlehre.

Die einfachen Stoffe, aus welchen die Pflanze zusammengesetzt ist, und in welche sie zerlegt werden kann, müssen ihr von Außen in einer bestimmten Form oder Verbindung dargeboten werden; sie entnimmt ihren Kohlenstoff dem in der Luft verbreiteten oder in dem Erdboden durch Verwesung organischer humusartiger Substanzen sich erzeugenden kohlensauren Gase, den Wasserstoff eignet sie sich aus dem Wasser an, den Sauerstoff erhält sie aus beiden angeführten Verbindungen oder aus einer derselben, während der Stickstoff ihr als Hauptbestandtheil des ebenfalls oft in der Luft vorhandenen, besonders aber bei Fäulniß stickstoffhaltiger Substanzen im Boden entstehenden Ammoniakgases dargeboten wird. Die feuerfesten Bestandtheile der Asche endlich müssen ebenfalls, wie die Wissenschaft nachgewiesen hat, als wesentlich für das Wachsthum und Gedeihen der Pflanze angesehen werden, sie gehen aus dem Erdboden, in Wasser aufgelöst, in den vegetabilischen Organismus über, und nehmen hier Theil an der Erzeugung neuer und eigenthümlicher Gebilde, indem sie selber mancherlei Umsetzungen erleiden. Die Pflanzennahrung.

Die verschiedenen Nahrungsstoffe, welche in ihrer Gesammtheit die Pflanze ernähren und nothwendig derselben von Außen dargeboten werden müssen, kann man betrachten als solche, welche aus der Luft

von der Pflanze aufgenommen werden, und solche, welche aus dem Boden in den vegetabilischen Organismus gelangen. Zu den ersteren gehört die Kohlensäure, zum Theil auch das Ammoniak und das Wasser; zu den letzteren die mineralischen Nahrungsstoffe ausschließlich, das Wasser, die Kohlensäure, wie auch das Ammoniak zum großen Theil. Wenn also die Luft auch eine unerschöpfliche Quelle von gasförmigen pflanzenernährenden Substanzen darbietet, so müssen doch die auflöslichen Mineralstoffe allmählig in Folge von immer neu sich entwickelnden Pflanzen im Boden an Menge abnehmen und schließlich nicht mehr ausreichen zur vollkommenen Ausbildung der Gewächse. Wenn der Boden daher an Fruchtbarkeit nicht verlieren soll, so muß man Sorge tragen, daß die Menge, wie das gegenseitige Verhältniß der auflöslichen Mineralstoffe im Boden von der Art bleibt, wie es den Pflanzen zu ihrem Gedeihen selbst am meisten zusagt. Der fruchtbare Zustand des Bodens kann hinsichtlich der angeführten Stoffe auf zweierlei Weise erhalten oder wiederhergestellt werden, einmal durch die mechanische Bearbeitung, durch Auflockerung und Vertiefung der Ackerkrume, indem man die letztere von Zeit zu Zeit in vollständigere Berührung mit der atmosphärischen Luft bringt und deren verwitterndem, auflösendem und dadurch befruchtendem Einflusse aussetzt; dann aber auch durch die direkte chemische Verbesserung des Bodens d. h. durch Zuführung von Substanzen, welche entweder unmittelbar zur Ernährung der Pflanzen beitragen, oder aus welchen wenigstens derartige Stoffe nach und nach sich entwickeln und abscheiden können. Die zweite Methode der Verbesserung des Bodens, von welcher in diesem Abschnitte ausschließlich die Rede sein wird, bezeichnen wir im Allgemeinen mit dem Namen der **Düngung** und die zugeführten Substanzen selbst als **Dünger**, **Düngstoffe** oder **Düngmittel**.

Vermehrung der Pflanzennahrung im Boden durch Dünger.

Die Erfahrung, entnommen einer sorgfältigen Beobachtung der Natur oder den Resultaten direkt angestellter Versuche, ist in allen Zweigen der Naturwissenschaft und so auch in der auf deren Basis aufgebauten Landwirthschaft unsere beste Lehrmeisterin. Die Erfahrung hat uns bewiesen, daß außer den mineralischen Stoffen, welche wir im Dünger dem in Cultur stehenden Boden zuführen, noch andere Substanzen ebenfalls die Fruchtbarkeit des letzteren bedeutend zu erhöhen im Stande sind, nämlich organische sowohl stickstofffreie als stickstoff-

Vermehrung der Humussubstanzen im Boden.

haltige Substanzen. Wir wissen, daß ein Acker, welcher fortwährend, viele Jahre hinter einander, einzig und allein mit künstlichen Düngmitteln überstreut wird, welche wenig oder gar nichts von einem Stoffe enthalten, der durch weitere Zersetzung in Humus überzugehen im Stande wäre, und aus welchem Kohlensäure und Ammoniak sich entwickeln kann, wir wissen, daß ein so bestellter Acker nach und nach an Ertragsfähigkeit abnimmt, und zwar um so schneller, je mehr die zugeführten Mineralstoffe in Folge ihrer chemischen Beschaffenheit die Zersetzung der bereits in dem Boden vorhandenen Humussubstanzen beschleunigen. Die sehr stickstoff- oder ammoniakreichen Düngmittel haben, vielfacher Erfahrung zufolge, bis zu einer gewissen Gränze eine ihrem Stickstoffgehalte entsprechende günstige Wirkung auf das Gedeihen der Pflanzen; dieser günstige Einfluß ist aber nur dann vollkommen, wenn zu gleicher Zeit eine hinreichende Menge von Humus zugegen ist, deren Gegenwart ebenfalls für den gedeihlichen Erfolg der feuerfesten auflöslichen Mineralstoffe von wesentlicher Bedeutung ist. Die Bedeutung des Humus für die Erhöhung der Fruchtbarkeit einer Ackerkrume haben wir in den beiden ersten Capiteln der Bodenkunde erörtert und wir folgern aus der dort aufgestellten Theorie, wie aus unserer praktischen Erfahrung, daß wir ebensowohl auf die Ansammlung und Erhaltung des Humus im Boden sorgfältig zu achten haben, als auf die Gegenwart von Stoffen, welche unmittelbar und ohne weitere Zersetzung zu erleiden, von der Pflanze aufgenommen und zur Vermehrung ihrer vegetabilischen Masse verwendet werden können. Einen Dünger aber, welcher eben, weil er organischen und direkt oder indirekt vegetabilischen Ursprunges ist, alle die Stoffe enthalten muß, welche überhaupt in höherem oder geringerem Grade zur Ernährung der Pflanzen beitragen, zu gleicher Zeit eine Vermehrung des Humus im Boden und damit eine Verbesserung der physikalischen Eigenschaften des letzteren bewirkt, ein solches Mittel ist in einer jeden Wirthschaft in dem sogenannten Stall- oder Hofdünger gegeben. Wir betrachten den angeführten Dünger, welchem man den Namen des natürlichen beigelegt hat, unter allen Verhältnissen als den Hauptdünger, als das Hauptmittel, den angedeuteten Zweck zu erreichen, nämlich die Fruchtbarkeit eines durch mehrere Ernten erschöpften Bodens wiederherzustellen oder noch zu erhöhen. Ich werde zunächst über die Entstehung und Zusammensetzung dieses Düngers das Nöthige mittheilen, sodann zu der Art seiner Wirkung hinsichtlich der Gesammt-

masse, wie in Betreff der einzelnen Bestandtheile übergehen, während ich einige Bemerkungen über Bereitung und Anwendung dieses Düngers erst später in einem anderen Abschnitte zusammenzustellen gedenke.

A. Der Hauptdünger (Hof- oder Stalldünger).

a. Entstehung und Zusammensetzung des Hauptdüngers.

Die Excremente der Thiere.

Der Stalldünger ist in seiner reinsten Form ein Gemenge der festen und flüssigen Entleerungen oder Excremente der Thiere mit dem als Einstreu angewendeten Stroh des Roggens oder des Weizens. Die festen Excremente sind die nicht verdauten oder nicht in den Organismus des Thieres selbst übergegangenen Rückstände der verfütterten Nahrungsstoffe, welche bei ihrem Durchgang durch den Körper eine mehr oder weniger bedeutende Umwandlung erlitten haben, indem die assimilirbaren schon früher vorhandenen oder in Folge dieser Umwandlung erst entstandenen Stoffe in dem Körper zurückgehalten wurden; die Ueberreste der aufgenommenen Nahrungsmittel sind in den Excrementen selbst mit gewissen eigenthümlichen organisch-thierischen Substanzen gemengt, welche in dem Magen und in dem Darmkanal die Verdauung unterstützen und bewirken und dann selbst mehr oder weniger verändert aus dem Körper ausgestoßen werden. Die flüssigen Entleerungen der Thiere enthalten die Substanzen, welche in den Nieren aus dem Blute ausgeschieden werden, in der Harnblase sich ansammeln, mit dem sogenannten Blasenschleim sich vermischen und in Wasser aufgelöst als Harn aus dem Körper austreten. Erwähnen wir noch die Entweichung von Kohlensäure, Wassergas und Ammoniak durch Lungen und Haut, wodurch das Blut gleichsam gereinigt und wiederum befähigt wird zur Aufnahme neuer assimilirbarer und nährender Substanzen aus den direkt in den Körper eingeführten Nahrungsstoffen, so haben wir die Hauptprozesse angedeutet, welche in ihrer Gesammtwirkung zur Erhaltung des thierischen Organismus erforderlich sind.

Zusammenhang zwischen den Bestandtheilen der Excremente und des Futters.

Betrachten wir nun die Thiere im ausgewachsenen Zustande bei einer Fütterung, welche gerade ausreicht, um das einmal erreichte Gewicht zu erhalten, also ohne daß man eine Vermehrung desselben, eine Mastung, bezweckt, oder eine Verminderung in Folge zu spärlicher und zu wenig intensiver Futtermittel eintritt, — so ist klar, daß die chemische

Zusammensetzung der Excremente in quantitativer, wie in qualitativer Hinsicht, genau mit der Zusammensetzung der gesammten von den Thieren aufgenommenen Nahrungsstoffe übereinstimmen muß, wenn nur zu gleicher Zeit auf die Quantität der aus den Lungen und durch die Haut gasförmig entweichenden Substanzen Rücksicht genommen wird; denn die einmal vorhandene Masse von Fleisch, Blut, Knochen u. s. w. ist dieselbe geblieben, und was in Folge der Verdauung der Nahrungsstoffe von jenen thierischen Substanzen neu erzeugt worden ist, muß in derselben Menge wiederum aufgelöst und wenn auch in veränderter Form, so doch in dem gleichen Verhältnisse der Elementarbestandtheile aus dem Körper ausgetreten sein. Man kann also schon aus der Beschaffenheit der Nahrungsstoffe sichere Schlüsse machen auf die Beschaffenheit oder die chemische Zusammensetzung der Excremente der Thiere. Diese Thatsache, welche an sich schon kaum einen Widerspruch erleiden möchte, wird direkt durch die vergleichende chemische Prüfung des dem Thiere dargereichten Futters und der von demselben innerhalb eines bestimmten Zeitraumes ausgestoßenen Excremente, vollkommen bestätigt.

Analyse der Entleerungen u. des Futters einer Kuh.

Die Versuche, welche von **Boussingault** mit einer Milchkuh angestellt wurden, gaben die im Folgenden verzeichneten Resultate. Die Kuh war, ehe die Versuche ihren Anfang nahmen, wenigstens einen Monat lang mit demselben täglichen Futter ernährt worden, welches ihr später während ihres Aufenthaltes in dem abgesonderten Stallraume, drei Tage und drei Nächte hindurch verabreicht wurde. Während des den Beobachtungen vorhergegangenen Monats hatte sich das Gewicht des Thieres nicht merklich verändert, wonach man also annehmen kann, daß das Gewicht auch während der 72 Stunden des Versuches dasselbe geblieben ist.

Durch die Kuh in 24 Stunden verzehrte Nahrungsmittel.

Untersuchte Stoffe.	Gewicht im feuchten Zustande.	Gewicht im trocknen Zustande.	Elementarzusammensetzung.				
			Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze u. Erden.
	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.
Kartoffeln . . .	15000	4170	1839	242	1831	50	208
Grummetheu . .	7500	6315	2974	354	2204	152	632
Wasser	60000	=	=	=	=	=	=
Summe	82500	10485	4813	596	4035	202	890

Von der Kuh in 24 Stunden gewonnene Producte.

Untersuchte Stoffe.	Gewicht im feuchten Zustande.	Gewicht im trocknen Zustande.	Elementarzusammensetzung. Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Salze u. Erden.
	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.
Koth	28413	4000	1712	208	1508	92	480
Harn	8200	961	261	25	254	37	384
Milch	8539	1151	628	99	321	46	56
Summe	45152	6111	2602	332	2083	175	920
Summe d. Nahrungsmittel	82500	10485	4813	596	4035	202	890
Differenz . . .	—37348	—4374	—2211	—264	—1952	—27	+30

Wasser, welches die Kuh in 24 Stunden empfing.		Von der Kuh in 24 Stunden gewonnenes Wasser.	
Mit den Kartoffeln . . .	10830	Mit den Excrementen . . .	24413
Mit dem Grummet . . .	1185	Mit dem Harn	7239
Direkt getrunken	60000	Mit der Milch	7388
Eingegangenes Wasser . .	72015	Weggegangenes Wasser . .	39040
		Eingegangenes Wasser . .	72015

Durch die Lungen und die Hauttranspiration weggegangenes Wasser . . 32975

Folgerungen aus diesen Analysen.

Man sieht aus dem angeführten Versuche, wie aus einem anderen, welcher mit einem ausgewachsenen Pferde angestellt wurde und ähnliche Resultate lieferte, daß die Menge der durch Haut und Lunge in der Form von Wasser, Kohlensäure und Ammoniak aus dem Körper ausgetretenen Stoffe sehr bedeutend ist, indem dieselbe innerhalb 24 Stunden etwa $^2/_5$ der während derselben Zeit verzehrten Nahrungsstoffe beträgt. Ebenso bemerkt man, daß das Verhältniß des verschwundenen Sauerstoffs zu dem Wasserstoffe fast genau dasselbe ist, wie in dem Wasser, namentlich, wenn von dem Wasserstoff die geringe Menge noch abgezogen wird, welche erforderlich ist, um mit dem gleichfalls ausgetretenen Stickstoff Ammoniak zu bilden. Die Menge dieses Stickstoffes ist nicht unbedeutend, bei der Kuh nämlich 27 Gr., bei dem Pferde nur 23 Gr., woraus sich ergiebt, daß bei den Thieren keineswegs die ganze in den Nahrungsmitteln enthaltene Quantität an Stickstoff in den Excrementen oder den von dem Thiere gewonnenen Producten überhaupt sich wiederum vorfindet, sondern daß nach der Art, dem Alter, der Größe des Thieres und wahrscheinlich auch nach der Beschaffenheit des Futters eine größere oder geringere Menge Stickstoff

in der Form von Ammoniak gasförmig aus dem Körper austritt. Die Menge des bei diesem Versuche durch die Lungen und die Haut weggegangenen Wassers beträgt 2216 Grm. oder etwa $4^1/_2$ Pfund, und die des ausgetretenen Kohlenstoffes ist fast genau ebenso groß; da nun, um $4^1/_2$ Pfund Kohlenstoff in Kohlensäure zu verwandeln, ungefähr 12 Pfund Sauerstoff erforderlich sind, so folgt, daß die Luft durch eine einzige Kuh innerhalb 24 Stunden um $16^1/_2$ Pfund Kohlensäure bereichert wird, während 12 Pfund Sauerstoffgas aus derselben verschwinden.

Die Elementarzusammensetzung der von der Kuh verzehrten Nahrungsmittel, wie der von derselben gewonnenen festen und flüssigen Excremente (mit Ausnahme der Milch) im trocknen Zustande ist die folgende:

	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.	Asche.
Nahrungsmittel .	45,8	5,7	38,4	1,9	8,2
Excremente . . .	39,8	4,7	35,5	2,6	17,4

Beides auf den aschefreien Zustand berechnet:

	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.
Nahrungsmittel .	49,8	6,2	41,7	2,3
Excremente . . .	48,2	5,7	42,9	3,2

Aus der procentischen Zusammensetzung der Nahrungsstoffe, verglichen mit derjenigen der Excremente ergiebt sich, daß, während die Procente des Kohlenstoffes, Wasserstoffes und Sauerstoffes im Ganzen dieselben sind, der Stickstoffgehalt der Excremente fast um die Hälfte mehr beträgt als in den Nahrungsstoffen, eine natürliche Folge davon, daß an Kohlensäure und Wasser innerhalb 24 Stunden eine verhältnißmäßig weit größere Menge durch die Haut und Lungen aus dem Körper austritt, als an Ammoniak.

Veränderungen des Düngers durch Fäulniß.

Wir wenden jetzt unsere Aufmerksamkeit auf die Veränderungen, welche der Dünger durch den Fäulniß- oder Verwesungsprozeß, wenn derselbe eine längere Zeit, etwa ein halbes Jahr, unter einer gewissen zweckmäßigen Behandlung auf dem Hofe oder auch im Stalle einer langsamen Zersetzung unterliegt. Diese Veränderungen werden schon deutlich werden, wenn wir zunächst die Elementar-Zusammensetzung der frischen Excremente verschiedener Thiere nebst der Streu, mit der Zusammensetzung des schon bis zu einem gewissen Grade verwesten älteren Düngers vergleichen. Wir bedienen uns hierzu der Resultate der von Boussingault ausgeführten Versuche und Analysen. Der Hof-

dünger, in verschiedenen Jahren und Jahreszeiten zubereitet, enthielt im Mittel 20,7 Proc. trockener Substanz und also 79,3 Proc. Wasser. Die Elementar-Zusammensetzung wurde im Mittel aus 6 ziemlich nahe übereinstimmenden Analysen folgendermaßen gefunden:

	Trocken.	Trocken u. frei von Asche.	Feucht.
Kohlenstoff . . .	35,8	52,8	7,41
Wasserstoff . . .	4,2	6,1	0,87
Sauerstoff	25,8	38,1	5,34
Stickstoff	2,0	3,0	0,41
Aschenbestandtheile .	32,2	„	6,67
Wasser	„	„	79,30
	100,0	100,0	100,00

Dieser Dünger war von 30 Pferden, 30 Stück Hornvieh und 16 Schweinen gewonnen. Ein Pferd von mittlerem Wuchse, welches als Nahrung Heu und Hafer erhielt, lieferte in 24 Stunden an festen und flüssigen Excrementen zusammen 15,58 Kil., welche trocken 3,713 Kil. wogen, und also 76,2 Proc. Wasser enthielten. Eine Kuh, mit Heu und rohen Kartoffeln gefüttert, lieferte an Excrementen im Ganzen 36,613 Kil., welche trocken 4,961 Kil. wogen und also 86,4 Proc. Wasser enthielten. Ein Schwein, 6 bis 8 Monate alt, und mit in Dampf gekochten Kartoffeln gefüttert, lieferte in 24 Stunden an feuchten Ausleerungen 4,170 Kil., welche trocken 0,750 Kil. wogen und also 82 Proc. Wasser enthielten. Die Elementarzusammensetzung dieser Ausleerungen von verschiedenen Thieren war die folgende:

Analyse der Entleerungen von Pferd, Kuh und Schwein.

	Pferd.		Kuh.		Schwein.	
	Trocken.	Feucht.	Trocken.	Feucht.	Trocken.	Feucht.
Kohlenstoff . .	38,6	9,19	39,8	5,39	38,7	6,97
Wasserstoff . .	5,0	1,20	4,7	0,64	4,8	0,86
Sauerstoff . .	36,4	8,66	35,5	4,81	32,5	5,85
Stickstoff . . .	2,7	0,65	2,6	0,36	3,4	0,61
Aschenbestandtheile	17,3	4,13	17,4	2,36	20,6	3,71
Wasser . . .	„	76,17	„	86,44	„	82,00
	100,0	100,00	100,0	100,00	100,0	100,00

Analyse der Streu.

Als Streu wurde gewöhnlich Weizenstroh angewendet, welches in dem Zustande, in welchem es benutzt wurde, 26 Proc. Wasser enthielt und folgende Zusammensetzung hatte:

	Getrocknet.	Nicht getrocknet.
Kohlenstoff . .	48,4	35,8
Wasserstoff . .	5,3	3,9
Sauerstoff . .	38,9	28,8
Stickstoff . . .	0,4	0,3
Aschenbestandtheile	7,0	5,3
Wasser . . .	=	26,0
	100,0	100,0

Als Streu erhielt täglich an Stroh ein Pferd 2, eine Kuh 3 und ein Schwein 1,87 Kil., also 30 Pferde 60, 30 Stück Hornvieh 90 und 16 Schweine 30 Kil. Es wurden mithin bei dem angegebenen Viehstande in einem Tage die folgenden Quantitäten an Dünger erzeugt:

In 24 Stunden Excremente von	Gewicht im trocknen Zustande.	Gewicht im feuchten Zustande.	Elemente der trockenen Materie. Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Asche.	Wasser.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
30 Pferden . . .	111,4	467,4	43,0	5,6	40,5	3,0	19,3	356,0
30 Stück Hornvieh .	148,8	1098,4	59,2	7,0	52,8	3,9	25,9	949,6
16 Schweinen . .	12,0	66,7	4,6	0,6	3,9	0,4	2,5	54,7
Stroh der Streuen .	133,0	180,0	64,4	7,1	51,7	0,5	9,3	47,0
	405,2	1812,5	171,2	20,3	148,9	7,8	57,0	1407,3

Die mittlere Zusammensetzung dieses ganz frischen Düngers ist in Procenten: Zusammensetzung des frischen Düngers.

	Trocken.	Feucht.	Frei von Asche u. Wasser.
Kohlenstoff .	42,3	9,4	49,3
Wasserstoff .	5,0	1,2	5,8
Sauerstoff .	36,7	8,2	42,7
Stickstoff . .	1,9	0,4	2,2
Asche . . .	14,1	3,2	=
Wasser . .	=	77,6	=
	100,0	100,0	100,0

Vergleicht man diese Zusammensetzung des frischen Düngers mit der oben angegebenen des schon veränderten Hofdüngers, so bemerkt man zunächst in dem Hofdünger eine bei weitem größere Menge Mineralstoffe, welches sich leicht erklärt zum Theil dadurch, daß die Holzfaser des frischen Düngers bei ihrer Verwesung durch den Austritt von Unterschied der Bestandtheile d. frischen und älteren Düngers.

Kohlensäure und Wasser an Gewicht abgenommen hat, dagegen der Gehalt an Mineralstoffen derselbe geblieben ist, besonders aber ganz einfach durch die Beimengung von Asche, Erde, Kehricht u. s. w., wodurch man gewöhnlich die Masse des Hofdüngers zu vermehren pflegt. Wenn man ferner die procentische Zusammensetzung des frischen und des verwesten Düngers vergleicht, nach Abzug der in beiden enthaltenen Wasser- und Aschenmenge, so ergiebt sich, daß der verweste Dünger reicher ist an Kohlenstoff, dagegen ärmer an Sauerstoff, eine natürliche Folge der Zersetzung der Holzfaser, deren Uebergang in Humus wir bereits früher in dem Abschnitte, welcher von der Entstehung der Ackerkrume handelte, kennen gelernt haben; denn bei diesem Prozesse bleibt bekanntlich, ungeachtet der Entweichung von kohlensaurem Gas, dennoch ein kohlenstoffreicheres Product zurück, weil gleichzeitig auch die Elemente des Wassers in der Form von Wasser sich ausscheiden. Wir sehen ferner in dem verwesenden Dünger ganz entschieden mit dem Fortschreiten des Prozesses den Procentgehalt an Stickstoff zunehmen, ganz ähnlich und durchaus aus denselben Ursachen, aus welchen die Nahrungsmittel bei ihrem Durchgange durch den thierischen Körper relativ reicher werden an Stickstoff. Bei der allmählichen Umwandlung der Nahrungsstoffe in Excremente vermindert sich ebenso, wie bei der fortschreitenden Fäulniß des Düngers das Gewicht der Gesammtmasse; da aber in beiden Prozessen verhältnißmäßig weit weniger an Stickstoff aus den bestehenden Verbindungen entweicht, als an den übrigen Elementarbestandtheilen, so muß natürlich der Rückstand in procentischer Hinsicht immer reicher an Stickstoff werden. Die relative Menge desselben vergrößert sich, die absolute dagegen nimmt etwas ab und zwar, wie wir später sehen werden, um so weniger, je vorsichtiger der Fäulnißprozeß selbst geleitet wird. Der Prozeß der Verdauung im Thiere kann also gewissermaßen identificirt werden mit dem Fäulnißprozeß, welchen die frischen Excremente bei Zutritt von Wärme, Feuchtigkeit und atmosphärischer Luft, außerhalb des thierischen Körpers fortwährend erleiden; die Producte beider Prozesse sind zum Theil dieselben.

Veränderung der stickstoffhaltigen Substanzen bei der Fäulniß.

Bei der Betrachtung der Veränderungen, welche die eigenthümlichen organischen Stoffe, die wir als die nähern Bestandtheile der Excremente der Thiere auftreten sehen, können wir uns hier vorzugsweise auf die stickstoffhaltigen Substanzen beschränken, da die Zersetzung der stickstofffreien Körper, deren Hauptmasse die Holzfaser bildet, in einem früheren Abschnitte schon behandelt worden ist. Der Fäulnißprozeß geht über-

haupt, unter sonst günstigen äußeren Umständen, um so rascher und energischer von Statten, je reicher die faulende Substanz an Stickstoff ist. Die stickstoffhaltigen Körper erleiden zuerst eine Umwandlung, weil hier außer dem Bestreben des Kohlenstoffes, mit Sauerstoff zu Kohlensäure, und des Wasserstoffes, mit Sauerstoff zu Wasser sich zu vereinigen, auch noch die Verwandtschaft des Stickstoffes zum Wasserstoff oder die große Neigung des ersteren, mit dem letzteren Ammoniak zu bilden, hinzutritt. Die stickstoffhaltigen Körper tragen sodann den eigenen Zustand der Zersetzung sehr bald auch auf die stickstofffreien Stoffe, mit welchen sie in inniger Berührung sich befinden über. Wenn der Fäulnißprozeß einmal eingeleitet ist, so geht er je nach der Gegenwart einer größeren oder geringeren Quantität stickstoffhaltiger organischer Substanzen, je nach dem Grade der Wärme und dem mehr oder weniger vollkommenen Zutritte der atmosphärischen Luft rascher oder langsamer von Statten. Das Resultat dieser Zersetzung ist die völlige Umwandlung des als Bestandtheil der organischen Stoffe vorhandenen Stickstoffes in Ammoniak, und der Uebergang der stickstofffreien Holzfaser in Humus, von welchem das gebildete Ammoniak, wie auch die salzigen und erdigen Bestandtheile der Asche in einer innigen chemischen oder mechanischen Verbindung zurückgehalten werden, bis diese Verbindung schließlich mit dem Verschwinden des Humus selbst, oder mit seiner allmähligen vollständigen Oxydation zu Kohlensäure und Wasser, ebenfalls wiederum aufgehoben wird, das freigewordene Ammoniak gasförmig entweicht und die auflöslichen Mineralstoffe vom Wasser fortgespült werden, wenn nicht jenes wie diese in der Ackerkrume zur Erhöhung der Fruchtbarkeit der letzteren, zur Hervorbringung einer freudigen Vegetation beitragen. Bei der Fäulniß, wenigstens der stickstoffhaltigen Substanzen, tritt nicht allein eine Umlegung der schon vorhandenen Elemente und deren Atome ein, sondern die Menge des vorhandenen Stickstoffes ist zuweilen so bedeutend, daß, um denselben durch Verbindung mit Wasserstoff in Ammoniak zu verwandeln, die Quantität des gleichfalls in der Verbindung gegenwärtigen Wasserstoffes nicht ausreicht und also nothwendig von Außen her der faulenden Substanz Wasserstoff dargeboten werden muß, ebenso wie der Kohlenstoff zur völligen Oxydation in Kohlensäure wenigstens einen großen Theil des Sauerstoffes außerhalb der vorher bestehenden Verbindung selbst zu suchen genöthigt ist. Die Mitwirkung des Wassers bei dem Uebergange des Stickstoffes einer organischen Substanz in Ammoniak sieht man auf eine sehr deutliche Weise bei der Fäulniß des

Fäulniß des Harnstoffes.

Harnstoffes, eines Körpers, welcher in dem frischen Harne der Menschen und einiger Thiere in bedeutender Menge vorhanden ist und durch den Gehalt einer verhältnißmäßig sehr großen Menge Stickstoff sich auszeichnet. In dem gefaulten Harne oder in der Jauche ist keine Spur dieses Körpers mehr vorhanden, er ist vollständig in kohlensaures Ammoniak umgewandelt worden. Wenn man die Menge des im frischen Harne vorhandenen Harnstoffes mit der des nach vollendetem Fäulnißprozesse gebildeten kohlensauren Ammoniaks vergleicht, so findet man, daß 100 Theile Harnstoff 130 Theile kohlensaures Ammoniak geliefert haben.

	Kohlenstoff.	Wasserst.	Sauerst.	Stickst.
100 Th. Harnstoff enthalten . .	20,0	6,6	26,7	46,7
130 Th. kohlensaures Ammoniak	20,0	10,0	53,3	46,7
Unterschiede	0,0	3,4	26,6	0,0

Da nun die hinzugetretenen Mengen des Wasserstoffes und Sauerstoffes 3,4 : 26,6 sich verhalten wie im Wasser = 1 : 8, so folgt hieraus, daß in der That bei der Umwandlung von Harnstoff in kohlensaures Ammoniak das Wasser thätig war und mit seinen Bestandtheilen an der Bildung des neuen Körpers Theil genommen hat.

Ursache des Geruches des thierischen Düngers.

Der eigenthümliche Geruch des faulenden Düngers oder der Mistjauche rührt vorzugsweise von dem fortwährend sich erzeugenden und in größerer oder geringerer Menge sich verflüchtigenden Ammoniak her, und zwar ist dieser Geruch um so deutlicher und durchdringender, je mehr der Dünger stickstoffhaltige Bestandtheile in sich aufgenommen hat, je concentrirter er ist, oder je weniger er Feuchtigkeit enthält, welche wegen ihrer auflösenden und absorbirenden Kraft hinsichtlich des Ammoniaks die Verflüchtigung desselben verhindert. Wir bemerken in Pferde- und Schafställen einen weit stärkeren ammoniakalischen Geruch, als in den Kuhställen, nicht sowohl weil die dort sich ansammelnden Düngstoffe an sich bedeutend reicher wären an Stickstoff, sondern weil sie weniger wässerige Bestandtheile enthalten und daher zur Verflüchtigung einer größeren Menge von Ammoniak Veranlassung geben.

Der Geruch des Düngers ist jedoch nicht rein ammoniakalisch, und um so weniger, wenn derselbe von Thieren herrührt, welche nicht ausschließlich mit vegetabilischen Stoffen ernährt worden sind; es tritt dann neben der Entwicklung des Ammoniaks auch die Bildung anderer noch weit unangenehmer riechender Gase mehr oder weniger deutlich hervor, besonders des Schwefelwasserstoffgases, zum Theil auch vielleicht des Phos-

phorwasserstoffgases. Diese Gase nämlich bilden sich stets, wenn organische Substanzen, welche Schwefel und Phosphor unter ihren Bestandtheilen enthalten, der Fäulniß unterliegen; derartige Körper sind fast in allen vegetabilischen Futtermitteln in geringer, in den verschiedenen Körnerarten in etwas größerer, in größter Menge aber in allen thierischen Substanzen, in dem Fleisch, Blut, Horn u. s. w. enthalten. Wo also außer den vegetabilischen auch aus dem Thierreiche entnommene Nahrungsstoffe verzehrt werden, muß natürlich auch der Gehalt der Excremente, wie an Stickstoff, so auch an Schwefel und Phosphor weit größer sein als bei alleiniger Pflanzennahrung. Aus diesem Grunde sind die menschlichen Excremente vorzugsweise mit einem üblen Geruch, der großentheils von den angeführten Gasen herrührt, behaftet. Wenn auch die größte Menge des sich bildenden Schwefelwasserstoffgases aus der angeführten Quelle herstammt, so scheint doch die Quantität desselben unter geeigneten Umständen auch noch auf andere Weise sich vermehren zu können und zwar durch Zersetzung und Veränderung der schwefelhaltigen Mineralstoffe. Es findet sich nämlich in dem Dünger stets eine nicht unbedeutende Menge schwefelsaurer Salze; wenn diese im aufgelösten Zustande und bei vollständigem Abschluß der atmosphärischen Luft, also in den unteren Schichten des Düngerhaufens mit den faulenden organischen Stoffen in Berührung sich befinden, so ist die Neigung der letzteren, mit Sauerstoff sich zu vereinigen, so groß, daß sie denselben sogar den vorhandenen Sauerstoffsalzen, also vorzugsweise den schwefelsauren und vielleicht auch phosphorsauren Salzen entziehen, da sie von der Atmosphäre abgeschlossen jenen Stoff dieser Quelle nicht entnehmen können. Die schwefelsauren Salze werden auf diese Art ihres Sauerstoffes vollständig beraubt, zu Schwefelmetallen oder Schwefelalkalien reducirt, welche wiederum bei Gegenwart von Wasser und Kohlensäure die Bildung und Entweichung von Schwefelwasserstoffgas veranlassen.

Nachdem wir nun im Allgemeinen die Veränderungen kennen gelernt haben, welche die Nahrungsstoffe bei ihrem Durchgange durch den thierischen Organismus, und der Dünger selbst, wenn er dem Fäulnißprozesse unterliegt, erleiden, werfen wir noch einen Blick auf die quantitativen Verhältnisse der Bestandtheile in den Excrementen der verschiedenen Hausthiere, wie des Menschen.

Fromberg untersuchte den Harn verschiedener Hausthiere und fand die folgende Zusammensetzung: Zusammensetzung der Excremente der Hausthiere.

	Pferd.	Schwein.	Ochse.	Ziege.	Schaf.
In Wasser lösliche Extractivstoffe .	2,132	0,142	2,248	0,100	0,340
In Weingeist lösliche Extractivstoffe	2,550	0,387	1,421	0,454	3,330
In Wasser lösliche Salze . . .	2,340	0,909	2,442	0,850	1,957
In Wasser unlösliche Salze . . .	1,880	0,088	0,155	0,080	0,052
Harnstoff	1,244	0,273	1,976	0,378	1,262
Hippursäure	1,260	=	0,550	0,125	?
Schleim	0,005	0,005	0,007	0,006	0,025
Wasser	88,589	98,196	91,201	98,007	92,897

Analyse der Asche dieser Harne.

	Pferd.	Schwein.	Ochse.	Ziege.	Schaf.
Kohlensaurer Kalk	12,50	=	1,07	Spur	0,82
Kohlensaure Magnesia	9,46	=	6,93	7,3	0,46
Kohlensaures Kali	46,09	12,10	77,28	Spur	=
Kohlensaures Natron	10,33	=	=	53,0	42,25
Schwefelsaures Kali	=	=	13,30	=	2,98
Schwefelsaures Natron	13,04	7,00	=	25,0	7,72
Phosphorsaures Natron . . .	=	19,00	=	=	=
Phosphorsaurer Kalk . . . . Phosphorsaure Magnesia . . .	= =	} 8,80	=	=	} 0,70
Chlornatrium	6,94	53,10	0,30	14,7	32,01
Kieselerde	0,55	=	0,35	=	1,06
Chlorkalium	=	Spur.	=	=	12,00

Die festen Excremente der landwirthschaftlichen Nutzthiere sind von John Rogers auf ihre Bestandtheile geprüft worden; die Thiere hatten das gewöhnliche Winterfutter genossen und die festen Excremente waren sorgfältig, frei von Harn, eingesammelt worden.

	Schwein.	Kuh.	Schaf.	Pferd.	
Wassergehalt der frischen Excremente b. 100° bestimmt	77,13	82,45	56,47	77,25	Prc.
Aschengehalt der getrockneten Excremente	37,17	15,23	13,49	13,36	=

In 100 Theilen der Asche waren enthalten:

	Schwein.	Kuh.	Schaf.	Pferd.
Kieselerde	13,19	62,54	50,11	62,40
Kali	3,60	2,91	8,32	11,30
Natron	3,44	0,98	3,28	1,98
Chlornatrium	0,89	0,23	0,14	0,03
Phosphorsaures Eisenoxyd .	10,55	8,93	3,98	2,73
Kalk	2,03	5,71	18,15	4,63
Latus	33,70	81,30	83,98	83,07

	Schwein.	Kuh.	Schaf.	Pferd.
Transport	33,70	81,30	83,98	83,07
Magnesia	2,24	11,47	5,45	3,84
Phosphorsäure	0,41	4,76	7,52	8,93
Schwefelsäure	0,90	1,77	2,69	1,83
Kohlensäure	0,60	Spur	Spur	=
Manganoxydoxydul	=	=	=	2,13
Sand	61,37	=	=	=
	99,22	99,30	99,64	99,80

Aeltere von Berzelius ausgeführte Untersuchungen der Excremente des Menschen lieferten die folgenden Zahlenverhältnisse. Bestandtheile der menschlichen Excremente.

Menschenharn.

	Wasserhaltig.	Trockner Rückstand.
Harnstoff	3,010	44,39
Freie Milchsäure, milchsaures Ammoniak, Fleischextract und Extractivstoffe	1,714	25,58
Harnsäure	0,100	1,49
Harnblasenschleim	0,032	0,48
Schwefelsaures Kali	0,371	5,54
Schwefelsaures Natron	0,316	4,72
Phosphorsaures Natron	0,294	4,39
Zweifach=phosphors. Ammoniak	0,165	2,46
Kochsalz	0,445	6,64
Salmiak	0,150	2,46
Phosphorsaure Magnesia u. Kalk	0,100	1,49
Kieselerde	0,003	0,05
Wasser	93,300	=
	100,000	100,00

Kuhmist (Morin).

Holzfaserige Materie	24,08
Grüne fette Materie	1,52
Süße Materie (Picromel)	0,60
Bubulin	1,60
Coagulirtes Eiweiß	0,40
Bräunliche harzige Substanz	1,80
Wasser	70,00
	100,00

Menschenkoth.

Unverdaute Nahrungsmittel	7,0
Galle	0,9
Eiweiß	0,9
Eigenthümlicher Extractivstoff	2,7
Schleimige und harzige Substanzen, unlöslicher Rückstand, nicht bestimmte animalische Substanzen	14,0
Salze	1,2
Wasser	73,3

Aschenbestandtheile des Menschenkothes.

Kohlensaures Natron	29,4
Chlornatrium	23,5
Schwefelsaures Natron	11 8
Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia	11,8
Phosphorsaure Kalkerde	23,5
	100,0

Neuere Analysen der Asche der menschlichen Excremente hat Porter mitgetheilt. Die Fäces enthielten 6,69 Proc. Asche; die Asche des Harnes von 4 Tagen wog 57,50 Grm., die der Fäces von 4 Tagen 11,47 Grm.

	Fäces.	Nach Abzug von Chlornatrium.	Harn.	Nach Abzug v. Chlornatr.	Beide vermischt ohne Chlornatr.
Kali	6,10	6,43	13,64	41,66	28,69
Natron	5,07	5,34	1,33	4,06	4,53
Kalk	26,46	27,88	1,15	3,51	12,48
Magnesia	10,54	11,11	1,34	4,12	6,69
Eisenoxyd	2,50	2,63	Spur	„	0,97
Phosphorsäure	36,03	37,97	11,21	34,25	35,62
Schwefelsäure	3,13	3,30	4,06	12,40	9,05
Kohlensäure	5,07	5,34	„	„	1,97
Chlornatrium	4,33	„	67,26	„	„
	99,23	100,00	99,99	100,00	100,00

Zusammensetzung der Harn- u. Hippursäure.

Von eigenthümlichen organischen Substanzen sehen wir den Harnstoff, dessen Elementar-Zusammensetzung bereits angegeben wurde, in dem Harne aller Thiere, wie auch ganz besonders in dem menschlichen in bedeutender Menge auftreten; der Harn der vorzugsweise grasfressenden Thiere, also der des Rindviehes und besonders des Pferdes enthält außerdem einen organischen Stoff, welchen man Hippursäure nennt, während die sogenannte Harnsäure nur in dem menschlichen Harne und zwar gewöhnlich auch nur in geringer Quantität vorkommt, dagegen, wie wir später sehen werden, in den Excrementen der Vögel, namentlich der fleischfressenden in ungleich größerer Menge enthalten ist. Beide Stoffe, die Hippursäure sowohl als die Harnsäure, besonders die erstere, sind bedeutend ärmer an Stickstoff, als der Harnstoff, wie sich aus den folgenden Analysen ergiebt:

	Hippursäure.	Harnsäure.
Kohlenstoff . .	60,7	36,0
Wasserstoff . .	5,0	2,4
Sauerstoff . .	26,3	28,2
Stickstoff . .	8,0	33,4
	100,0	100,0

Die festen thierischen Excremente bestehen aus den unverdauten oder halbverdauten Nahrungsmitteln, denen eigenthümliche thierische Stoffe beigemengt sind, wie Galle, Eiweiß oder andere Substanzen, und die zum Theil, wie fast alle animalischen Gebilde, eine größere oder geringere Menge Stickstoff als wesentlichen Bestandtheil enthalten. Die organischen Stoffe, welche in den frischen Excrementen vorhanden sind, variiren in ihren Mengenverhältnissen nicht allein nach der verschiedenen Art des Thieres, nach seinem Alter, Geschlechte und Gewichte, sondern sie sind auch bei einem und demselben Individuum in abweichenden Mengenverhältnissen zugegen, namentlich je nach der Verschiedenheit der dem Thiere dargereichten Futtermittel. Fromberg untersuchte zum zweiten Male den Harn des Pferdes, des Ochsen, des Schweins und der Ziege, aber unter abweichenden Fütterungsverhältnissen und fand jetzt: Schwankungen in der Zusammensetzung der thierischen Excremente.

	Pferd.	Ochse.	Ziege.	Schwein.
In Wasser lösliche Extractivstoffe	1,925	1,643	0,056	0,112
In Weingeist lösliche Extractivstoffe	1,826	1,020	0,466	0,399
In Wasser lösliche Salze } . .	4,000	2,577	0,870	0,848
In Wasser unlösliche Salze } . .		0,222	0,040	0,080
Harnstoff	0,836	1,021	0,076	0,297
Hippursäure	0,123	1,200	0,088	„
Schleim	0,006	0,006	0,005	0,007
Wasser	91,284	92,311	98,399	98,257

Nur in dem Harne des Schweines ist die Zusammensetzung fast genau dieselbe, wie sie vorher angegeben wurde, bei den übrigen Thieren bemerkt man, vorzugsweise in dem Gehalte des Harns an Harnstoff und Hippursäure, also an den stickstoffhaltigen, ganz besonders werthvollen Substanzen sehr bedeutende Abweichungen. Wenn jene Verschiedenheit schon in den organischen Substanzen merklich ist, so werden natürlich die Abweichungen in den Mengenverhältnissen der mineralischen Salze und Erden, oder der Aschenbestandtheile noch ungleich bedeutender sein,

und ganz und gar nach den Aschenbestandtheilen der verzehrten Nahrungsstoffe sich richten müssen. Die obigen Aschenanalysen sollen und können daher durchaus keinen festen Anhaltepunkt geben zur Bestimmung der Aschenbestandtheile der Excremente verschiedener Thiere überhaupt, sondern sie sollen nur ungefähr andeuten, in welcher Form und Verbindung die verschiedenen Mineralstoffe hier auftreten, und in welchen Mengenverhältnissen sie unter bestimmten Fütterungsverhältnissen zugegen zu sein pflegen. Wenn z. B. in dem Harn der Ochsen in diesem Falle kaum eine Spur von Chlornatrium gefunden wurde, während dagegen die Harnasche des Schweines mehr als zur Hälfte aus dieser Verbindung bestand, so ist dies offenbar keine stets gleichbleibende Eigenthümlichkeit beider Thiere, sondern in der Beschaffenheit der dargereichten Futterstoffe begründet, und es wäre sehr leicht denkbar, daß das Mengenverhältniß des angeführten Körpers unter anderen Verhältnissen das umgekehrte sein könnte. Der Harn der Schweine und der Ziegen ist bedeutend wässeriger, als der des Pferdes und des Rindviehes.

Elementaranalyse der Excremente von Pferd und Kuh.

Weitere Aufklärungen über die Zusammensetzung der von verschiedenen Thieren gewonnenen Düngerarten giebt uns die Elementaranalyse der letzteren. Boussingault fand für die festen und flüssigen Excremente des Pferdes und der Kuh die folgenden Verhältnisse:

	Pferd.				Kuh.			
	Harn.		Koth.		Harn.		Koth.	
	Rückstd.	Flüssig.	Trocken.	Feucht.	Rückstd.	Flüssig.	Trocken.	Feucht.
Kohlenstoff	36,0	4,46	38,7	9,56	27,2	3,18	42,8	4,02
Wasserstoff	3,8	0,47	5,1	1,26	2,6	0,30	5,2	0,49
Sauerstoff	11,3	1,40	37,7	9,31	26,4	3,09	37,7	3,54
Stickstoff	12,5	1,55	2,2	0,54	3,8	0,44	2,3	0,22
Asche	36,4	4,51	16,3	4,02	40,0	4,68	12,0	1,13
Wasser	0,0	87,61	0,0	75,31	0,0	88,31	0,0	90,60
	100,0	100,00	100,0	100,00	100,0	100,00	100,0	100,00

Diese Analysen zeigen, daß der Harn der Thiere in hohem Grade reicher ist an Stickstoff, als der Koth, eine Thatsache, die namentlich bei dem Pferdeharn ins Auge fällt, welche in dem Gehalte an jenem wichtigen Bestandtheile den Kuhharn in hohem Grade übertrifft; der menschliche Harn, obgleich gewöhnlich wässeriger als der Pferdeharn, ist dagegen noch stickstoffreicher als dieser, da er im trocknen Rückstande

fast 17 Proc. Stickstoff enthält. Der Kuhkoth ist viel wässeriger als der Pferdekoth und daher der Stickstoffgehalt im feuchten Zustande bei jenem bedeutend niedriger als bei diesem; dagegen stellt sich die Stickstoffmenge nach Abzug des Wassers bei beiden fast als ganz gleich heraus. Bemerkenswerth ist ferner die große Menge der, vorzugsweise in Wasser auflöslichen, Mineralsalze in dem Harne, während die festen Excremente deren verhältnißmäßig weit weniger, dagegen größere Mengen von in Wasser unlöslichen Verbindungen der Kohlen- und Phosphorsäure mit Kalkerde und Magnesia enthalten. Aus den Aschenanalysen verschiedener Harnarten geht ferner hervor, daß phosphorsaure Salze nur in dem Harne des Menschen und zum Theil auch der Schweine vorkommen, dagegen in dem der Pferde und des Rindviehes gänzlich zu fehlen scheinen. Die Excremente der Schafe sind bedeutend weniger wässerig als die von anderem Vieh, und allein aus diesem Grund ist der Werth des Schafdüngers höher als der eines gleichen Gewichtes Rindviehdüngers.

Es bedarf nach dem Gesagten kaum der Erwähnung, daß der Dünger von Mastvieh von kräftigerer Beschaffenheit sein muß, als der von dem gewöhnlichen Nutzvieh gewonnene; denn wenn auch ein Theil des Futters bei der Mast in Fleisch und Fett verwandelt wird, so geht dennoch die Gewichtszunahme bei dem Thiere keineswegs so rasch vor sich, daß bei einem nahrhafteren Futter nicht viele Bestandtheile desselben mit den Excrementen wiederum ausgeleert würden und also der Dünger selbst dadurch an pflanzenernährender Kraft zunehmen sollte. Ebenso muß bei einem und demselben Futter auch der Dünger der Kühe weniger stickstoffreich sein, als der von Ochsen, und der von Jungvieh geringeren Werth haben, als von den ausgewachsenen Thieren, weil bei den Kühen ein beträchtlicher Theil des Futters zur Production von Milch, bei dem Jungvieh aber von Fleisch und Knochen verwendet wird. In der Praxis jedoch wird der Dünger der Kühe und vom Jungvieh wohl selten weniger stickstoffreich oder weniger wirksam für die Ernährung der Pflanzen sein, als der Dünger, welchen man von Ochsen erhält, da die ersteren Thiere, die Kühe und die Kälber nämlich, in der Regel besseres, kräftigeres Futter erhalten, als die letzteren und dieses natürlicherweise auch auf die Beschaffenheit des Düngers selbst von Einfluß sein muß.

b. Wirkungsart des Hauptdüngers. Theorie des Düngers.

Einleitende Betrachtung über die Wirkung des Düngers.

Der Dünger kann auf zweierlei Weise die Fruchtbarkeit der Ackerkrume erhöhen, entweder dadurch, daß er die physikalische Beschaffenheit der letzteren verbessert, oder indem er dem Boden Stoffe zuführt, welche direkt oder nachdem sie erst eine weitere Veränderung erlitten haben, von der sich entwickelnden Pflanze aufgenommen und assimilirt werden und also zur Vergrößerung der vegetabilischen Masse selbst beitragen können. Fassen wir zunächst die zuletzt angedeutete Wirkungsart des Düngers näher ins Auge, so kann dieselbe nichts Geheimnißvolles mehr haben, wenn man bedenkt, daß die drei Nahrungsstoffe, welche allein unmittelbar zur Bildung neuer und eigenthümlicher Erzeugnisse des Pflanzenreiches verwendet werden, nämlich die Kohlensäure, das Ammoniak und das Wasser, eben die letzten Zersetzungsproducte aller verwesenden der organischen Welt entnommenen Substanzen sind, und in jedem Augenblicke aus dem Dünger frei werden und den Pflanzen sich darbieten; und daß ferner alle die Mineralsalze, deren Gegenwart im Boden wesentlich ist für das Gedeihen der Pflanzen, ohne Ausnahme in beträchtlicher Quantität dem Boden mit dem Dünger zugeführt werden.

Geringe Bedeutung des Wassers und Kohlensäure im Dünger.

Das Wasser ist überall in der Natur in so großer Menge vorhanden, daß es als Verwesungsproduct organischer Substanzen ganz außer Acht gelassen werden kann, die atmosphärische Feuchtigkeit versorgt die Gewächse mit der zu ihrer Existenz erforderlichen Wassermenge. Auf ähnliche Weise verhält sich die Kohlensäure; sie ist als nie fehlender Bestandtheil der atmosphärischen Luft überall und in jedem Augenblicke mit der lebenden Pflanze in Berührung, und tritt von der Oberfläche derselben in den inneren Organismus ein, um hier an der Erzeugung organischer Gebilde Theil zu nehmen. Die Kohlensäure ist in so großer Quantität in der Atmosphäre angehäuft, und wird derselben aus Quellen, welche wir in einem früheren Kapitel kennen gelernt haben, stets aufs Neue zugeführt, daß wir die Kohlensäuremenge, welche durch Verwesung der im Boden enthaltenen Humussubstanzen erzeugt wird, wenn auch nicht als wirkungslos, so doch als entbehrlich für die Entwicklung der Pflanze im Allgemeinen betrachten können. Ich habe indessen ebenfalls schon früher angedeutet, daß ich diese im Boden sich ansammelnde Kohlensäure keineswegs als gleichgültig für die

Erzeugung der vegetabilischen Masse betrachte, die Pflanze gedeiht, vielfacher Erfahrung zufolge, um so besser, wenn derselben gleichzeitig mit der atmosphärischen Kohlensäure, derselbe Nahrungsstoff auch aus dem Boden selbst dargeboten wird; da aber zahlreiche Thatsachen uns die Ueberzeugung gewähren, daß die Pflanzen auch zur Blüthe und vollkommenen Samenbildung gelangen, ohne die Gegenwart von Humussubstanzen im Boden, also ohne daß ihnen Kohlensäure aus dem Boden dargeboten wird, so können wir offenbar die Kohlensäure der Ackerkrume nicht durchaus wesentlich und unentbehrlich für die Entwicklung der Pflanze ansehen, mithin auch bei der Theorie des Düngers die unter seinen Zersetzungsproducten befindliche Kohlensäure als einen in chemischer Hinsicht nicht auffallend die günstige Wirkung des Düngers erhöhenden Körper, hier wenigstens unbeachtet lassen.

Hohe Bedeutung des Ammoniaks und der Mineralstoffe.

Nach Abzug des Wassers und der Kohlensäure bleiben von den Zersetzungsproducten und Bestandtheilen des Düngers nur das Ammoniak und die feuerfesten oder mineralischen Bestandtheile der Asche übrig; diesen Substanzen muß also vorzugsweise, wenn nicht allein, die erfahrungsmäßig festgestellte günstige Wirkung des Hof- oder Stalldüngers zugeschrieben werden. In der That wird schon gleichsam von vorne herein sowohl eine einfache theoretische Betrachtung, wie auch die Beobachtung der landwirthschaftlichen Praxis uns erkennen lassen, daß wir in den so eben angeführten Stoffen das wirkende Prinzip des Düngers zu suchen haben. Daß die Pflanze den zur Erzeugung eigenthümlicher Substanzen erforderlichen Stickstoff allein dem Ammoniak entzieht, daß dieses also das einzige stickstoffhaltige Nahrungsmittel der Pflanze ist, scheint erwiesen zu sein. Das Ammoniak ist, wie wir gesehen haben, ein Fäulniß- und Verwesungsproduct aller organischen, namentlich der thierischen Substanzen; es ist im freien Zustand ein gasförmiger, mit Kohlensäure verbunden, wie es stets in der Natur vorkommt, ein sehr flüchtiger Körper, der also in der Luft allerdings sich verbreiten muß, hier aber nicht in sehr bedeutender Quantität sich ansammeln kann, weil das Ammoniakgas über einen sehr großen Raum sich ausdehnt und selbst bis auf die letzte Spur wiederum aus der Luft verschwinden muß, sobald ein Regen niederfällt, in welchem aufgelöst es dem Erdboden wiederum zugeführt wird. Das Ammoniak wird auf diese Weise jedem Theile der Erdoberfläche zugeführt und ist in der That in dieser Quantität schon ausreichend, um auf

uncultivirtem oder wenigstens ungedüngtem Boden die wildwachsenden Pflanzen mit Stickstoffnahrung zu versorgen, welche auch hier, je nachdem das Ammoniak in Folge von zufälligen Umständen in größerer oder geringerer Menge sich angesammelt hat, ein mehr oder weniger üppiges Gedeihen der Gewächse bewirkt. Wo aber, wie bei der Cultur der meisten im Großen angebauten Pflanzen, von einer bestimmten Fläche eine möglichst große Quantität vegetabilischer Masse und besonders stickstoffhaltiger Substanzen geerntet werden soll, da reicht offenbar zur Bildung derselben nicht die spärliche Dosis hin, welche überall über den Erdboden sich verbreitet und dem unachtsamen Landwirthe ebenso wohl als dem fleißigen und intelligenten zu Gute kommt. Es ist eine täglich immer aufs Neue sich bestätigende Thatsache, daß die Ertragsfähigkeit des Bodens nur durch Zuführung von dem organischen Reiche entnommenen Düngmitteln auf die höchste Stufe der Vollkommenheit gehoben werden kann, daß der Dünger um so besser wirkt, je mehr er animalischer Natur ist, und je reicher er an Stickstoff oder an Ammoniak bei der Untersuchung sich herausstellt. Die scheinbare Ausnahme von dieser Regel hinsichtlich der Ertragsfähigkeit der Wiesen wird weiter unten eine nähere Erörterung finden und ferner will ich schon hier kurz bemerken, daß man bei der Beurtheilung der landwirthschaftlichen Praxis unserer gemäßigten Zone keineswegs Beispiele und Beweise für diese oder jene Ansicht den Verhältnissen entlehnen darf, wie sie in heißen Ländern, unter einem tropischen Himmel die herrschenden sind und endlich, daß selbst die wenigen Fälle, in welchen man in unserem Klima ohne stickstoffhaltigen Dünger viele Jahre reiche Ernten erzielt, eben in der eigenthümlichen Bodenbeschaffenheit begründet sind, welche aber, wie jene Fälle selbst, nur höchst selten sich geltend macht und daher keine allgemeine Schlußfolgerung zuläßt. Auch die mineralischen Bestandtheile des Düngers müssen für die Erhöhung der Fruchtbarkeit des Ackerbodens von Bedeutung sein, da wir wissen, daß ohne dieselben keine Pflanze gedeihen kann, und jährlich mit jeder Ernte eine nicht unbeträchtliche Menge dem Acker entzogen wird, dieser also immer ärmer an derartigen zur Pflanzenernährung verwendbaren Mineralstoffen werden muß, oder wenigstens nicht so schnell neue Mengen derselben in den auflöslichen Zustand überzuführen vermag, als dies für das freudige Gedeihen der Pflanzen nothwendig ist. Außerdem lehrt uns auch die Praxis die für das Wachsthum günstige Wirkung der Holz- und Torfasche, wenn die Wiesen oder

Felder mit derselben überstreut werden; die Holzasche muß aber grade dieselben Substanzen enthalten, wie die Asche des Düngers, da wir gesehen haben, daß die von der Pflanze aufgenommenen Mineralsubstanzen nicht in qualitativer Hinsicht, sondern nur in ihren quantitativen Verhältnissen bedeutenden Verschiedenheiten unterworfen sind. Wenn wir also die Holzasche auf das Gedeihen der Pflanzen günstig einwirken sehen, so müssen wir auch den mineralischen Bestandtheilen des gewöhnlichen Düngers einen gleichen Einfluß zugestehen.

Das aus dem faulenden und verwesenden Dünger in bedeutender Menge sich entwickelnde Ammoniak, und die feuerfesten pflanzenernährenden Mineralsalze sind die vorzugsweise wirkenden Bestandtheile des gewöhnlichen Düngers. Diese Thatsache, deren Wahrheit aus den so eben angestellten Betrachtungen von selbst einleuchtet, werden wir in der Weise nun noch weiter verfolgen und bestätigt finden, indem wir die Resultate mehrfacher Beobachtungen und Versuche mittheilen, die angestellt wurden, um die Art und den Grad der Wirkung festzustellen, welche auf der einen Seite dem Ammoniak in seiner Verbindung mit verschiedenen Säuren, anderen Theils den im Dünger gewöhnlich vorherrschenden Mineralsalzen zugeschrieben werden muß, bei den letzteren sowohl jedes einzelne Salz für sich betrachtet, als auch mit anderen in bestimmten Verhältnissen gemischt. Ehe ich in der Erörterung des vorliegenden Gegenstandes weiter gehe, muß ich eine Bemerkung vorausschicken, welche bei der Beurtheilung der ganzen hier entwickelten Düngerlehre überall zu berücksichtigen ist. Wie schon in der Einleitung zu diesem Werke erwähnt wurde, ist es meine Absicht, in diesem ersten Theile meiner Ausarbeitung überall die Theorie oder die Wissenschaft in den Vordergrund zu stellen und nur dasjenige der praktischen Erfahrung zu entnehmen, was mir zur Begründung der hier mitgetheilten Ansichten von Bedeutung zu sein scheint. Man wird daher in diesem und den folgenden Capiteln keineswegs eine vollständige Uebersicht der von aufgeklärten Landwirthen im Großen ausgeführten zahlreichen Versuche über die Wirkung verschiedener Düngmittel finden, sondern es sind aus der ganzen Masse jener Erfahrungen nur einige wenige ausgewählt worden; ferner sind hier nicht selten die Resultate von nach einem sehr kleinen Maßstabe angestellten Versuchen mitgetheilt worden, Resultate, welche durchaus keine direkte Anwendung in der Praxis gestatten, dessen ungeachtet aber zur Begründung der allgemeinen Theorie des Düngers sehr wohl verwendet werden können und sogar für diesen

Bemerkungen über die Behandlungsart der Düngerlehre.

Zweck häufig einen weit größern Werth haben, als die Resultate von im Großen ausgeführten Versuchen. Nur an wenigen Stellen habe ich vorläufig mir erlaubt einige Blicke auf praktisch wichtige Fragen zu werfen; diese in ihrem ganzen Umfange von Seiten der Wissenschaft zu beleuchten, somit auch die Folgerungen zu ziehen aus den durch genaue Versuche festgestellten Erfahrungen hinsichtlich der Wirkung der verschiedenen Düngmittel zur Unterstützung des Wachsthums dieser oder jener Culturpflanze, das ist gerade die Aufgabe, deren Lösung ich in dem zweiten Bande dieses Werkes versuchen werde.

Düngungsversuche mit Ammoniaksalzen.

Die Versuche, welche über den Einfluß der Ammoniaksalze auf das Wachsthum der Pflanzen bisher ausgeführt worden sind, zeigen ganz ähnliche Abweichungen unter einander, wie man überhaupt in den Resultaten agronomischer oder Vegetationsversuche zu bemerken gewohnt ist. Diese Differenzen erklären sich aus den äußeren Umständen, welchen die Pflanzen während ihrer Entwicklung unterworfen waren, aus der feuchten oder trocknen Witterung, aus eigenthümlichen Boden- und klimatischen Verhältnissen. Trotz dieser unvermeidlichen Differenzen ersehen wir jedoch aus den bisher veröffentlichten hier zu erwähnenden Beobachtungen, daß das Ammoniak unter allen Umständen, wenigstens auf die meisten Culturpflanzen und bis zu einem gewissen Punkte einen seiner vorhandenen Quantität proportionalen überaus günstigen Einfluß äußert. Die im Großen ausgeführten zahlreichen Versuche Kuhlmann's in Belgien bezogen sich zunächst auf die Vermehrung von Heu und Grummet durch die Ammoniaksalze. Die Salze wurden in einer bestimmten Menge Wasser aufgelöst. Im Jahre 1843 fand das Ausgießen der Flüssigkeit am 28. März statt, zu einer sehr trockenen Zeit; am 30. März fiel ein ziemlich starker Regen und die Witterung blieb bis zum fünften April regnigt, so daß die Düngerarten sehr gleichmäßig sich vertheilt haben müssen. Das Jahr war ziemlich feucht; die Ernte fand am 30. Juni bei günstiger Witterung statt. Es wurde über gleich große Flächen so viel Salmiak und schwefelsaures Ammoniak vertheilt, daß von dem ersteren im trockenen Zustande auf 1 Hectare 266 Kil. und von dem letztern auf eine gleiche Fläche eine gleiche Menge angewendet wurde. Zur Vergleichung mit diesen Ammnoiaksalzen brachte man ferner einen gelatinösen Auszug von Knochen in Anwendung, deren Menge im trockenen Zustande auf 1 Hectare 500 Kil. betrug. Die Resultate der Versuche waren folgende: Ohne Dünger gab 1 Hectare ungefähr 4000 Kil.; der Mehrertrag betrug für

je 100 Kil. des in dem angewendeten Düngmittel enthaltenen Stickstoffes bei dem Salmiak 2440, bei dem schwefelsauren Ammoniak 2166 und bei der Knochengallerte 2435 Kil. Heu. Im Jahre 1844 wurden auf einem ähnlichen Wiesenboden dieselben Versuche wiederholt in der Art, daß von den in Wasser aufgelösten Substanzen auf 1 Hectare bei dem schwefelsauren Ammoniak 250, bei der Knochengallerte 500 Kil. kamen; das Salmiak wurde in einer Menge von 333 Kil. auf 1 Hectare angewendet und durch Sättigung der ammoniakhaltigen Wasser aus den Gasfabriken mit dem sauren Auszuge der Knochen (von der Fabrikation des Leimes) bereitet; in der Auflösung war also außer den 333 Kil. Salmiak noch eine unbestimmte Menge phosphorsauren Kalkes enthalten. Die Zeit während der Vegetation, die das Heu lieferte, war im Allgemeinen trocken; nach der Ernte, welche Ende Juni stattfand, wurde die Witterung feucht bis zum 20. September, an welchem Tage die Grummeternte vorgenommen wurde. An Heu und Grummet wurden in diesem Jahre ohne Dünger 3820 Kil. gewonnen; der Mehrertrag betrug für 100 Kil. des in dem Dünger enthaltenen Stickstoffes bei dem Salmiak 6916, bei dem schwefelsauren Ammoniak 3436 und bei der Knochengallerte 3104 Kil. Im J. 1845 wurden abermals die Ernten an Heu und Grummet gewogen, welche man von denselben Wiesenparzellen erhielt, ohne daß neuer Dünger hinzugefügt wurde; die Ernte von 1 Hectare ohne Dünger betrug in diesem sehr feuchten Jahre 4486 Kil., auf der im vorigen Jahr mit Salmiak gedüngten Parzelle zeigte sich eine Verminderung der Ernte (auf 100 Kil. des in dem angewendeten Düngmittel enthaltenen Stickstoffes berechnet) von 220, bei dem schwefelsauren Ammoniak sogar eine Verminderung von 591, bei der Knochengallerte dagegen eine Vermehrung von 530 Kil. Im Jahre 1846 wurden dieselben Parzellen mit einer gleichen Quantität derselben Düngmittel, wie im Jahre 1844 übergossen; es ergab sich von 1 Hectare ohne Dünger an Heu 3330 Kil., dagegen ein Mehrertrag beim Salmiak, wie oben berechnet, von 2040, bei dem schwefelsauren Ammoniak von 3298 und bei der Knochengallerte von 2260 Kil., wobei zu erwähnen ist, daß dieses Jahr außerordentlich trocken war, indem vom Monat Mai an kein hinlänglich starker Regen fiel, um den Boden nur einigermaßen zu durchdringen, so daß nach der Heuernte alle Vegetation aufhörte und kein Grummet weder auf den gedüngten noch auf den ungedüngten Stellen wuchs. Von einer andern Wiesenfläche mit thonigem

Boden erhielt Kuhlmann im J. 1845 bei einer Ernte von 7744 Kil. an Heu und Grummet auf 1 Hectare ohne Dünger, mit Salmiak (200 Kil. auf 1 Hectare) einen Mehrertrag von 3114; im Jahre 1846 bei einer Ernte an Heu ohne Dünger von 3519 Kil. einen Mehrertrag von 3891 Kil. durch die wiederholte Anwendung von abermals 200 Kil. Salmiak, nachdem die Resultate wie oben auf 100 Kil. des in dem Düngmittel enthaltenen Stickstoffes berechnet worden sind.

Auch auf dem Felde sind im Elsaß von Schattenmann Auflösungen reiner Ammoniaksalze angewendet worden, von Salmiak, schwefelsaurem und phosphorsaurem Ammoniak; die Vegetation des Weizens wurde dadurch auf dem an sich schon kräftigen Boden zum Theil so gesteigert, daß der Weizen sich legte bevor er Aehren trieb, daher nur eine Vermehrung von Stroh, nicht aber an Körnern beobachtet wurde. Die Vegetation der Gerste und des Hafers, die in einen guten Boden gesäet waren, der gleichfalls mit einer Auflösung von Ammoniaksalzen übergossen wurde, war so üppig, daß, da man nicht hoffen konnte, die Pflanzen zur Reife gelangen zu sehen, sie grün abgemäht werden mußten, aber die Wirkung, welche die Ammoniaksalze auf dieselben ausübten, war augenscheinlich.

Düngungsversuche mit Natronsalpeter.

Mit Salpeter und mit salpetersauren Salzen sind Versuche angestellt worden, deren sehr günstige Resultate hier ebenfalls erwähnt zu werden verdienen. Die Beobachtungen über die Zunahme der Grasproduktion auf Wiesen in Folge der Ueberstreuung mit salpetersauren Verbindungen wurden von Kuhlmann in demselben Jahre und ganz unter denselben Boden- und Witterungsverhältnissen gemacht, wie die in Betreff der Wirkung von Ammoniaksalzen bereits mitgetheilte Versuche. Salpetersaures Natron (Chilisalpeter) lieferte im Jahre 1843 bei der Anwendung von 133 Kil. auf der Fläche eines Hectare den Mehrertrag an Heu von 3870, bei der Anwendung von 266 Kil. Salz auf 1 Hectare einen Mehrertrag von 4115 Kil. Heu, jedesmal wiederum auf 100 Kil. des im Chilisalpeter enthaltenen Stickstoffes berechnet; im Jahre 1844 wurden 250 Kil. desselben Salzes auf 1 Hectare gebracht, der Mehrertrag an Heu und Grummet betrug für 100 Kil. Stickstoff in diesem Jahre 4752 Kil., im Jahr 1845 ohne Hinzufügung neuen Düngers eine Verminderung der Ernte um 246 Kil.; im Jahre 1846 bei der abermaligen Anwendung von 250 Kil. auf 1 Hectare, stellte sich die Vergrößerung der Heuernte für 100 Kil. Stickstoff auf 5217 Kil. Auf einer anderen Wiese lieferten 200 Kil. Chilisalpeter

im Jahre 1845 einen Mehrertrag an Heu und Grummet von 1799 Kil. oder auf 100 Kil. Stickstoff des Düngers berechnet an 5715 Kil.; in dem sehr trocknen Jahre 1846 dagegen producirten 100 Kil. Stickstoff desselben Düngers nur 3189 Kil. an Heu. Der trockne salpetersaure Kalk wurde ganz in derselben Menge und unter denselben Verhältnissen, wie das salpetersaure Natron angewendet und lieferte im J. 1844 einen Mehrertrag an Heu und Grummet auf je 100 Kil. des in ihm enthaltenen Stickstoffes von 3710, im J. 1845 eine Verminderung der Ernte um 155 Kil. Die Resultate einiger von mir ausgeführter Versuche mit Kalisalpeter stelle ich in der folgenden Tabelle zusammen, wobei zu bemerken ist, daß die Versuche nur ganz im Kleinen auf einem ziemlich lockern lehmigen Sandboden, der mit dem Spaten bearbeitet war und durch vorjährige Düngung in guter Kraft sich befand, im Sommer 1849 angestellt wurden und auf die Production von Gerste, Hafer und Buchweizen sich beziehen; im Jahre 1850 wurde, ohne daß neue Quantitäten des Düngmittels zur Anwendung kamen, auf derselben Fläche nach Gerste Roggen, nach Hafer Weizen und nach Buchweizen Klee cultivirt. Die Ernteergebnisse sind zum Behufe der Vergleichung mit den oben aus im Großen ausgeführten Versuchen erlangten Resultaten auf die Fläche eines Hectare berechnet worden.

Versuche mit Kalisalpeter.

Ernteergebnisse im Jahre 1849.

Nr. des Versuches.	Menge des Salzes auf 1 Hectare.	Mehrertrag im Mittel an Stroh von Gerste und Hafer auf 1 Hectare.	Mehrertrag auf 100 Kil. Stickstoff im Dünger.	Mehrertrag an Stroh vom Buchweizen.
1.	288 Kil.	1180 Kil.	2668 Kil.	956 Kil.
2.	576 „	1550 „	1870 „	1236 „
3.	1152 „	4890 „	2762 „	1550 „
4.	2304 „	9966 „	2810 „	842 „
5.	3780 „	6270 „	1100 „	592 „

Nachwirkung des Salpeters im Jahre 1850.

Nr. des Versuches.	Im Stroh von Roggen und Weizen.	An grünem Klee.
1.	— 105 Kil.	+ 5400 Kil.
2.	—1416 „	+ 7668 „
3.	—2151 „	+ 8100 „
4.	+4023 „	+14688 „
5.	+2467 „	+32562 „

Die Körnerproduktion war bei diesen Früchten unter dem Einfluß des Salpeters, mit Ausnahme des Buchweizens und bis zu einer gewissen Gränze auch der Gerste, nur unbedeutend erhöht worden. Jedoch ist hier zu bemerken, daß das Letztere in weit höherem Grade der Fall gewesen sein würde, wenn nicht schon eine bedeutende Düngkraft im Boden vorhanden gewesen wäre, wie sich daraus ergiebt, daß der Strohertrag von der Cultur der Gerste und des Hafers, ebenfalls für die Fläche eines Hectare berechnet, von dem nicht mit Salpeter gedüngten Lande im Mittel schon 7452 Kil. betrug, bei dem Buchweizen 3359 Kil., im zweiten Jahre im Mittel von Roggen und Weizen 5012 und an grünem Klee 17928 Kil. Außerdem ist zu beachten, daß hier auch die Wirkung des im Salpeter enthaltenen Kali in Anschlag zu bringen ist; dieser Stoff nämlich hat, wie wir gleich unten sehen werden, einen sehr bedeutenden fördernden Einfluß auf die Stroh- und Blattbildung aller Pflanzen.

Düngung der Wiesen mit Guano.

Endlich sind hier auch noch einige Versuche über die Wirkung von Guano auf die Erzeugung von Gras in ihren Resultaten mitzutheilen; sie wurden zu gleicher Zeit und unter denselben Verhältnissen von Kuhlmann ausgeführt, wie die bereits erwähnten Versuche, welche ebenfalls die Erforschung der Wirkungsart stickstoffhaltiger Substanzen als Dünger für Wiesen bezweckten. Der Guano lieferte im Jahr 1844, im Frühjahr ausgestreut, 600 Kil. auf 1 Hectare, in diesem Jahr einen Mehrertrag von 2540, im nächsten 217 und im dritten Jahr nach seiner Aufbringung 113, im Ganzen also von 2870 Kil.; bei Anwendung von nur 300 Kil. auf 1 Hectare lieferte er im ersten Jahr einen Mehrertrag von 1583, im nächsten von 340, im dritten von 546, im Ganzen also von 2469 Kil. Da dieser Guano 5 Proc. Stickstoff enthielt, so wurde bei dem ersten Versuche für 100 Kil. in dem Dünger enthaltenen Stickstoff ein Mehrertrag von 9567 und im zweiten Falle sogar von 16460 Kil. erzielt.

Uebersicht der sämmtlichen Versuchsresultate.

Die Resultate der angeführten Versuche, insofern sie die Produktion von Gras auf den Wiesen durch stickstoffhaltige Substanzen bezweckten, findet man übersichtlich in der folgenden Tabelle zusammengestellt, in welcher die in den einzelnen Spalten angegebenen Zahlen die Mengenverhältnisse andeuten sollen, in welchen die Ernten sich vermehrten durch Hinzufügung der Düngmittel, wenn man die direkt gefundene Quantität jedesmal auf diejenige Menge berechnet, welche durch 100 Kil. des

in dem angewendeten Düngstoffe enthaltenen Stickstoffes würde erzeugt worden sein.

Menge der düngenden Substanzen auf 1 Hectare ausgestreut.		Mehrertrag der Ernten durch 100 Kilogr. Stickstoff erzeugt.					
		J. 1843. An Heu.	J. 1844. Heu und Grummet.	J. 1845. An Heu und Grummet. a.	J. 1845. b.	J. 1846. An Heu. a.	J. 1846. b.
		Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Salmiak .	266 Kil.	2440	—	—	—	—	—
„ .	200 „	—	—	—	3114	—	3891
Salmiak, erhalten durch Sättigung der ammoniakal. Wasser der Gasanstalten mit dem sauren Auszuge d. Knochen .	333 „	—	6916	÷ 220	—	2040	—
Schwefelsaures Ammoniak .	266 „	2166	—	—	—	—	—
Schw. Ammon.	250 „	—	3436	÷ 591	—	3298	—
Natronsalpeter	133 „	3870	—	—	—	—	—
„ „	266 „	4115	—	—	—	—	—
„ „	250 „	—	4752	÷ 246	—	5217	—
„ „	200 „	—	—	—	5715	—	3189
Salpeters. Kalk	250 „	—	3710	÷ 155	—	1631	—
Guano aus Peru	600 „	—	8467	+ 723	—	+ 377	—
„ „ „	300 „	—	10553	+ 2267	—	+ 3640	—
Knochengallerte	500 „	2435	3104	+ 530	—	2260	—

Folgerungen aus den bisher mitgetheilten Versuchsresultaten.

Die Resultate dieser Versuche führen uns nun zu den folgenden, für die Theorie des Düngers überhaupt nicht unwichtigen Folgerungen:

1. Man bemerkt ganz deutlich, daß alle stickstoffhaltigen Substanzen einen entschieden günstigen Einfluß haben auf die Beförderung der Vegetation, oder die Erzeugung von vegetabilischer Substanz.

2. Der Mehrertrag an vegetabilischer Masse steht aber keineswegs immer in einem richtigen Verhältniß zu der Vermehrung des Düngmittels, wie die Versuche mit Guano beweisen, wo bei Anwendung einer geringeren Quantität der Stickstoff viel vollständiger absorbirt wurde, als bei Anwendung der doppelt so großen Menge; ferner ersehen wir auch aus den Versuchen mit Kalisalpeter, welche in einem und demselben Jahre angestellt wurden, daß dieses Düngmittel nur bis zu einem gewissen Punkte einen mit der Vermehrung desselben im richtigen Verhältniß stehenden Ertrag giebt; darüber hinaus vermindert sich der Ertrag wieder rasch und bedeutend.

3. Die Wirkung des Düngmittels steht nicht im genauen Ein-

klange mit seinem Stickstoffgehalte, sondern ist offenbar abhängig insbesondere von dem Zustande, in welchem der Stickstoff in demselben zugegen ist und von den übrigen Substanzen, mit welchen er verbunden ist. Die Wirkung des Salmiaks und des schwefelsauren Ammoniaks ist im Durchschnitt ungefähr gleich, wenn man den bei dem einen Versuche mit Salmiak unverhältnißmäßig hohen Mehrertrag, wie es jedenfalls geschehen muß, eigenthümlichen und zufälligen äußeren Zuständen zuschreibt; man kann nach den Resultaten dieser Versuche annehmen, daß der Einfluß der angeführten Ammoniaksalze auf die Produktion von Heu und Grummet für 1 Hectare jährlich durch einen Mehrertrag von ungefähr 3000 Kil. bezeichnet wird, für 100 Kil. des in ihnen enthaltenen Stickstoffes. Der Einfluß des Chili- oder Natron-Salpeters ist offenbar bedeutender und beträgt unter denselben Verhältnissen beinahe 5000 Kil., bei beiderlei Substanzen ist die Wirkung schnell und im Verlaufe eines einzigen Sommers vollständig vollendet. Der Kali-Salpeter scheint sich dem Natron-Salpeter analog zu verhalten, und wenn bei den obigen Versuchen mit Gerste und Hafer sich der Mehrertrag, wie er für 100 Kil. Stickstoff auf 1 Hectare erhalten wurde, nicht so hoch wie auf der Wiese herausstellt, so muß man zugleich bedenken, daß theils verschiedene Boden- und klimatische Verhältnisse auf das Resultat haben einwirken können, besonders aber, daß hier die gleichzeitig eingetretene Vermehrung des Körnerertrages gänzlich außer Acht gelassen ist; bringt man diese mit in Anschlag, und berechnet das Ganze auf Heuwerth, so wird gleichfalls das Aequivalent des Kalisalpeters bis gegen 5000 Kil., sich erheben. Die Knochengallerte hat in Betracht ihres Stickstoffgehaltes den Ammoniaksalzen ähnliche Resultate geliefert, etwa 3000 Kil.; nur ist zu bedenken, daß deren Werth sich bedeutend höher steigert und wahrscheinlich sogar den der salpetersauren Salze übertreffen wird, wenn man auf die nachhaltende Wirkung dieses Düngmittels Rücksicht nimmt, die noch mehrere Jahre hindurch bemerkbar sein wird, wie auch bei dem einen Versuche sich herausstellte, welcher noch im zweiten Jahre nach der Düngung mit Knochengallerte einen Mehrertrag an Heu und Grummet von 530 Kil. lieferte, während die Ammoniak- und salpetersauren Salze ohne Ausnahme unter denselben Umständen im zweiten Jahre sogar eine nicht unbedeutende Verminderung bewirkt hatten. Der Guano endlich hat von allen Düngmitteln die befriedigendsten Resultate gegeben, wenn man den in ihm enthaltenen Stickstoff mit dem Mehrertrag der Ernte vergleicht.

4. In 10000 Kil. Heu sind ungefähr 100 Kil. Stickstoff enthalten; aus den obigen Versuchen können wir also bestimmen, wie viel von dem in den verschiedenen Düngmitteln enthaltenen Stickstoffe wirklich von der Pflanze absorbirt und verarbeitet wird, und wie viel unbenutzt in der Form von kohlensaurem Ammoniak sich verflüchtigt hat; bei den Ammoniaksalzen ist in den hier angeführten Versuchen über $^2/_3$, bei den salpetersauren Alkalien wenigstens die Hälfte des vorhandenen Stickstoffes verloren gegangen, nur unter dem Einfluß des Guano hat so viel vegetabilische Masse sich erzeugt, daß man Ursache hat, anzunehmen, daß hier die ganze Menge des bei der völligen Verwesung des Guano gebildeten Ammoniaks wirklich als Nahrungsmittel für die Pflanze verwendet worden ist.

5. Es ist natürlich, daß die Regenmenge, die Temperatur des Sommers, wie klimatische Verhältnisse überhaupt von außerordentlichem Einfluß auf die größere oder geringere Wirkung des stickstoffhaltigen Düngers sein muß, wie sich solches auch in den hier mitgetheilten Versuchsresultaten auf auffallende Weise zu erkennen giebt. Ebenso ergiebt sich, daß verschiedene Dünger in dieser Hinsicht mehr unter gewissen Witterungsverhältnissen leiden, als andere; indessen müssen hierüber noch weit mehr Versuche angestellt werden, ehe man in dieser Hinsicht einigermaßen bestimmte Schlüsse machen und allgemeine Gesetze und Regeln aufstellen kann.

Wir werden nun die Wirkungsart der Mineralverbindungen zu untersuchen haben, welche in dem gewöhnlichen Hof- und Stalldünger enthalten sind, seine Asche ausmachen; wir müssen den Einfluß dieser unorganischen Salze auf die Vegetation bei jedem einzelnen Salze prüfen, ferner wenn sie mit anderen in bestimmten Verhältnissen gemischt sind, oder in Berührung mit stickstoffhaltigen Substanzen sich befinden und endlich bei Gegenwart oder Abwesenheit von organischen, stickstofffreien, humusartigen Körpern. *Wirkung der Mineralsalze als Düngmittel.*

Hinsichtlich des Kochsalzes oder Chlornatriums ist schon vor längerer Zeit von Schübler die Beobachtung gemacht worden, daß dasselbe bis zu einem gewissen Punkte die Vegetation befördert, bei Ueberschreitung dieses Punktes aber aufhört vortheilhaft zu wirken und sogar mit der Zunahme des Salzes immer nachtheiliger der Entwickelung der Pflanzen wird. Die Gränze, bis zu welcher die Gewächse das Kochsalz vertragen, ist bei den verschiedenen Pflanzenarten außerordentlich von einander abweichend. Im *Wirkung des Kochsalzes.*

Allgemeinen vertragen die Getreidearten, wie die Gräser überhaupt eine weit größere Quantität dieses Düngmittels als die Blattpflanzen, welche durch einen weicheren Stengel und ein zarteres, lockeres Gewebe vor jenen sich auszeichnen. Es wurden z. B. Samen von Gerste, Kresse und Wicken in Töpfe gesäet, welche eine mit Kochsalz in solchen Verhältnissen gemengte Erde enthielt, daß die Menge des Salzes in den verschiedenen Töpfen 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 bis 1,1 Proc. der Menge der Erde betrug; in der Erde, welche 0,9, 1,0 bis 1,1 Proc. Kochsalz enthielt, keimten die Samen theils gar nicht, oder die Pflanzen, welche sich entwickelt hatten, starben bald wiederum ab; in den Erden, welche 0,5 bis 0,8 Proc. Kochsalz enthielten, zeigten die Pflanzen zwar anfangs eine gute Entwickelung, fingen jedoch später, vorzüglich bei trockener Witterung, bald zu leiden an; in den, nur wenige Tausendtheile (0,1 bis 0,3 Proc.) Kochsalz enthaltenden Erden entwickelten sich die Pflanzen am besten, jedoch zeigte sich auch diese geringe Menge bei der Anwendung auf ganzen Feldern noch zu groß. Das Kochsalz wirkte auf die oben genannten 3 Pflanzen nicht in gleichem Verhältniß; die Gerste ertrug 0,1 bis 0,2 Proc. Kochsalz mehr als die Kresse, und noch weniger als diese ertrug die Wicke, welche sich am empfindlichsten gegen Kochsalz zeigte. Fernere Versuche mit Gerste gaben Schübler die folgenden Resultate:

Nr.	Menge des Salzes. Auf 1 Hectare.	Menge des Salzes. In Proc. des Erdreichs bis 6 Z. oder 0,166 Metre Tiefe.	Verhältnißzahlen des eingeernteten Getreides.	Verhältniß der Fruchtbarkeit.
	Kil.	Proc.		
1.	0	0	56,6	Gewöhnliche Fruchtbarkeit des Feldes.
2.	20	0,0009	60,6	Vermehrte Fruchtbarkeit.
3.	40	0,0018	72,5	Maximum der Fruchtbarkeit.
4.	80	0,0036	65,8	} Sich vermindernde Fruchtbarkeit.
5.	160	0,0072	61,0	
6.	960	0,0422	} Unvollkommne Aehren.	} Bedeutend geringere Fruchtbarkeit.
7.	1920	0,0844		
8.	2880	0,1266	0	Völlige Unfruchtbarkeit.

Versuche, die ich selbst in neuester Zeit begonnen habe, um den Einfluß der verschiedenen Mineralsalze auf die Quantität und Qualität der auf einem bestimmten Boden erzeugten Producte näher zu erforschen, haben mir ebenfalls die günstige Einwirkung des Kochsalzes auf die Vegetation unter Anwendung gewisser Mengenverhältnisse aufs Neue bestätigt. Keineswegs habe ich aber die Gerste so empfindlich gegen das

Kochsalz gefunden, als sie den obigen Versuchen zufolge sein würde, eine Abweichung, welche jedenfalls in der eigenthümlichen chemischen und physikalischen Beschaffenheit des von mir benutzten Bodens ihren Grund hat. Die einzelnen Versuche, welche im J. 1849 auf Gerste, Hafer und Buchweizen sich bezogen, findet man in der folgenden Tabelle angedeutet:

	Menge des Salzes.		Gerste.			
	Auf 1 Hectare.	In Proc. des Erdreichs bei 6 Zoll oder 0,166 Metre Tiefe.	Stroh und Spreu auf 1 Hectare.	Körner auf 1 Hectare.	Haferstroh.	Buchweizenstroh.
Nr.	Kil.	Proc.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1.	0,0	0,0	6210	4174	8694	3051
2.	144	0,006	+ 270	+ 362	+ 1512	÷ 324
3.	288	0,012	+ 450	+ 718	+ 2106	— 746
4.	576	0,024	+ 370	+ 292	+ 2628	— 1366
5.	1152	0,048	+ 3888	+ 2689	+ 6426	— 1960
6.	1728	0,072	+ 3780	+ 2727	+ 4698	— 2619
7.	2304	0,096	+ 594	+ 869	+ 2322	— 2954
8.	3062	0,128	÷ 2970	÷ 2635	+ 486	— 2911

Nachwirkung im Jahre 1850.

Nr. des Versuches.	Roggen.		Weizen.		Grüner Klee.
	Stroh.	Körner.	Stroh.	Körner.	
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1.	3932	1631	6091	2430	17928
2.	— 187	+ 65	+ 229	+ 324	+ 8964
3.	— 145	+ 171	+ 116	+ 316	+ 8478
4.	— 44	+ 235	— 959	+ 32	— 4590
5.	+ 241	+ 530	— 1315	+ 184	+ 5562
6.	— 800	— 11	— 1422	— 173	+ 6264
7.	— 776	+ 3	— 1864	— 286	+ 18522
8.	— 1034	— 384	— 1364	— 643	+ 7352

Theoretische Folgerungen aus diesen Versuchen.

Die für diese Versuche benutzte Ackererde war derselbe sandige Lehmboden, welcher für die schon mitgetheilten Versuche über die Düngkraft des Salpeters verwendet wurde. Der Boden dagegen, welcher zu den zuerst angegebenen Versuchen Schübler's mit Gerste gedient hatte, war ein fruchtbarer Gartenboden, seit längerer Zeit in sorgfältiger Cultur, reicher an Humus und wahrscheinlich auch an Thon, wie der andere; es ist ganz natürlich, daß hier das Kochsalz, wie jedes andere leicht auflösliche Düngmittel in geringer Quantität sich schon wirksam zeigt, während es in der sehr sandigen und humusarmen Ackerkrume sich schnell über einen großen Raum hin verbreiten, d. h. tief eindringen und selbst bis in den Untergrund sich hineinziehen mußte, und also erst in größerer Menge angewendet thätig werden konnte. Ich halte es nicht für möglich, daß das Chlornatrium die Vermehrung der vegetabi-

lischen Masse dadurch bewirke, daß es unmittelbar als Nahrungsmittel verarbeitet, unmittelbar an der Bildung der, jedenfalls in Folge seiner Gegenwart im Boden, neu entstandenen organischen Substanz Theil nehme; den größten Mehrertrag bei der Gerste und dem Hafer habe ich beobachtet nach der Anwendung von 1152 Kil. auf 1 Hectare, nämlich bei der Gerste im Stroh 3888, an Körnern 2689 und bei dem Hafer an Stroh 6426 Kil.; im Mittel kann man also bei beiden Früchten einen Mehrertrag an Stroh um 5000, an Körnern um 2500 Kil., zusammen 7500 Kil. vegetabilischer Substanz annehmen. Diese 7500 Kil. enthalten, den Analysen zufolge, allerhöchstens nur etwa 35 Kil. Chlornatrium, oft noch weniger, also gegen die ausgestreuten 1152 Kil. des Salzes eine durchaus verschwindende und so unbedeutende Menge, daß man bei der großen Verbreitung dieser Mineralsubstanz in der Natur und bei dem bedeutenden Gehalte des im vorhergehenden Jahre aufgebrachten Stalldüngers an demselben Körper, wohl vermuthen kann, es würden die sich entwickelnden Pflanzen auch ohne allen Zusatz von Kochsalz jene Quantität von 35 Kil. schon in dem Boden haben vorräthig finden müssen und sie hätten aus dieser schon vorhandenen Quelle vollständig mit Chlornatrium sich versorgen können; um so mehr, da ich gesehen habe, daß auf demselben Boden eine noch größere Menge von vegetabilischer Substanz unter dem Einfluß chlornatriumfreier Düngmittel sich entwickelte, welche organische Masse ebenfalls eine ihrem Gewichte entsprechende Menge Chlornatrium aus dem Boden hat aufnehmen müssen. Endlich haben auch direkte Analysen gezeigt, daß die auf diesem Boden gewachsenen Pflanzen keineswegs eine bedeutend größere Menge Chlor oder Chlornatrium, ja zuweilen kaum eine Spur davon enthielten. Ich halte es vielmehr, den Resultaten zahlreicher Versuche zufolge, für wahrscheinlich, daß der günstige Erfolg des Kochsalzdüngers beruhen muß auf einer noch nicht hinlänglich aufgeklärten Wechselwirkung zwischen dieser Mineralverbindung und den schon vorhandenen Bestandtheilen der Ackerkrume und glaube, daß diese Wirkung auf den stickstoffhaltigen Humus in der Ackererde sich bezieht, indem der Stickstoff hierdurch in einen von der Pflanze aufnehmbaren Zustand übergeführt wird. Das Chlornatrium würde auf diese Weise gleichsam den stickstoffhaltigen Dünger vertreten können, indem der Stickstoff des Bodens entweder schneller gelöst werden oder auch dessen Verflüchtigung mehr gehindert sein würde, in beiden Fällen jedenfalls vollständiger der Vegetation zu Gute kommen könnte. Es ist bemerkenswerth, daß das Kochsalz in der

Cultur der Gerste in gleichem Grade die Körner- wie die Strohbildung gefördert hat, ja im zweiten Jahre nach der Aufbringung ist noch ganz entschieden ein günstiger Einfluß des Düngmittels bemerkbar, sowohl bei dem Roggen wie bei dem Weizen, indem hier trotz der Verminderung des Strohertrages eine Zunahme der Körnerernte, wenn auch nur innerhalb enger Grenzen bemerkt wurde. Man hat diese Erscheinung mit der Fähigkeit der Kochsalzlösung in Verbindung gebracht, eine gewisse Menge phosphorsauren Kalk aufzulösen und in den Organismus der Pflanze einzuführen; ich sehe jedoch nicht ein, wie solches bewerkstelligt werden könnte, da den Analysen zufolge nur eine so höchst geringe Menge Kochsalz, dagegen verhältnißmäßig viel phosphorsaurer Kalk von der Pflanze aufgenommen wird. Im Allgemeinen ist die Wirkung des Kochsalzes nur eine einjährige, im zweiten Jahre ist, wenigstens hinsichtlich der Getreidearten, die Vermehrung der erzeugten vegetabilischen Substanz nur eine unbedeutende oder, wenn große Quantitäten des Salzes zur Anwendung kamen, sogar eine negative. Die Nachwirkung der Kochsalzdüngung auf den Klee ist nicht recht bestimmt ausgesprochen, da freilich eine bedeutende Vermehrung der vegetabilischen Substanz eingetreten ist, dieselbe aber durchaus nicht mit den verschiedenen Mengen des Salzes in einem einfachen Verhältnisse steht, nur in dem Versuche Nr. 7 erhebt sich der Ertrag bedeutend; auf dem Versuchsbeete Nr. 4 ist jedenfalls durch zufällige äußere Umstände eine Verlangsamung der Vegetation eingetreten, welche zu der Gegenwart des Kochsalzes in keiner Beziehung steht.

Die auf Wiesen angestellten Versuche über die Vermehrung des Grases unter Anwendung des Kochsalzes haben gleichfalls mehr oder weniger günstige Resultate geliefert. Auf einem lehmigen bindigen Boden erhielt Kuhlmann von 200 Kil. Kochsalz auf 1 Hectare in dem sehr nassen Jahre 1845 einen Mehrertrag an Heu und Grummet von 1159 Kilogr., in dem außerordentlich trocknen Sommer des Jahres 1846 dagegen an Heu allein nur 447 Kil.; auf einer anderen Parzelle hatte die Heuernte unter Anwendung von 133 Kil. Kochsalz sich um 383 Kil. vermehrt. Aus allen Versuchen geht hervor, daß das Kochsalz in nassen Jahren einen ungleich höheren Erfolg hat als bei lang anhaltender verhältnißmäßig trockener Witterung, und außerdem, daß die Wirkung besonders auffallend bei den Halmfrüchten, wie auch bei den Gräsern der Wiesen hervortritt, ja vielleicht allein auf diese Klasse von Gewächsen beschränkt ist. Denn bei dem Buchweizen habe

Wirkung des Kochsalzes auf Wiesen.

ich gefunden, daß schon eine sehr geringe Menge des Salzes eine merkliche Verminderung der Ernte bewirkt, und in etwas größerer Menge angewendet, sogar eine vollständige Unfruchtbarkeit des Bodens für diese Pflanze hervorbringt. Eine gleiche Empfindlichkeit gegen das Kochsalz zeigen die Wicken.

Einfluß der Soda und des Glaubersalzes auf die Vegetation.

Auch andere Verbindungen des Natrons, nämlich die mit Kohlensäure (Soda) und mit Schwefelsäure (Glaubersalz) sind von mir hinsichtlich ihres Einflusses auf die Vegetation verschiedener Pflanzen geprüft worden, und haben unter ganz denselben Boden- und Witterungsverhältnissen, wie diese oben angedeutet wurden, die in den folgenden Tabellen verzeichneten Resultate geliefert.

Resultate der Versuche über Einwirkung der Soda auf die Vegetation.

Nr. des Versuches.	Menge des wasserfreien Salzes auf 1 Hect.	Gerste		Haferstroh.	Buchweizen.	
		Körner.	Stroh.		Stroh	Körner
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1.	—	4174	6210	8694	3359	848
2.	107	+ 578	+ 378	+ 270	— 411	+ 54
3.	214	+ 762	+ 378	+ 494	+ 27	+ 318
4.	428	— 124	— 432	+ 3672	— 702	+ 173
5.	856	— 502	+ 594	+ 3402	+ 21	+ 507
6.	1712	— 1258	— 648	— 2700	— 1798	— 411

Nachwirkung im Jahr 1850.

Nr. des Versuches.	Roggen.		Weizen.		Grüner Klee.
	Stroh.	Körner.	Stroh.	Körner.	
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1.	3932	1631	6091	2430	17928
2.	— 104	+ 410	— 422	— 216	+ 4644
3.	— 800	— 51	+ 140	+ 146	+ 5732
4.	— 1045	— 360	— 1571	— 259	+ 19386
5.	— 1023	— 240	— 119	— 243	+ 16308
6.	+ 221	+ 142	+ 34	— 124	+ 17280

Resultate der Versuche über Einwirkung des Glaubersalzes auf die Vegetation.

Nr. des Versuches.	Menge des wasserfreien Salzes auf 1 Hect.	Gerste.		Haferstroh.	Buchweizenstroh.
		Stroh.	Körner.		
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1.	—	6210	4174	8694	3359
2.	158	+ 378	— 562	+ 162	+ 77
3.	316	— 1080	— 616	— 594	+ 173
4.	632	+ 810	+ 668	+ 162	+ 1161
5.	1148	— 324	— 86	+ 4698	— 821
6.	1901	— 1890	— 1706	+ 3942	— 2166

Nachwirkung im Jahr 1850.

Nr. des Versuches.	Roggen.		Weizen.		Grüner Klee.
	Stroh.	Körner.	Stroh.	Körner.	
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1.	3932	1631	6091	2430	17928
2.	+ 712	+ 202	— 671	+ 81	+ 6327
3.	— 1927	— 827	— 411	+ 378	+ 9729
4.	— 112	+ 63	+ 193	+ 588	+ 6831
5.	+ 596	+ 400	+ 902	+ 621	+ 13383
6.	+ 181	+ 343	— 1193	— 405	+ 13131

Im Versuch Nr. 3. ist in beiden Jahren bei sämmtlichen Halmfrüchten eine Verminderung der Ernte eingetreten, welche nur dadurch erklärt werden kann, daß das betreffende Beet weniger mit animalischem stickstoffhaltigem Dünger versehen war, als die übrigen Flächen.

Die hier mitgetheilten Zahlenverhältnisse beweisen mit großer Bestimmtheit, daß das kohlensaure Natron weit indifferenter gegen die Entwicklung der Pflanzen ist, als das Chlornatrium; der Ertrag an Gerste in Stroh und Körnern nimmt im Ganzen zu bis zu einem gewissen Punkte, aber nur um ein Unbedeutendes; größere Mengen von Soda wirken entschieden nachtheilig, während gleich große Quantitäten von Chlornatrium gerade die besten Erfolge zeigten. Beim Hafer hat die Soda wenigstens auf den Strohertrag günstiger gewirkt als bei der Gerste, jedoch ist der Mehrertrag der Ernte bei weitem nicht so bedeutend als von einer gleich großen Menge an Kochsalz; überhaupt ist der Hafer viel weniger empfindlich gegen Mineralsalze, als die Gerste. Folgerungen aus diesen Versuchen.

Die Wirkung des Glaubersalzes ist ganz in Uebereinstimmung mit derjenigen der Soda, unbestimmt und gering bei der Gerste, in größerer Menge angewendet für die Vermehrung der vegetabilischen Masse beim Hafer günstig. Der Buchweizen scheint von beiden Salzen fast gar nicht afficirt zu werden, dieselben verhalten sich gegen diese Pflanze fast ganz indifferent, wenn nicht gar zu große Quantitäten der Salze angewendet werden, wo alsdann natürlich die nachtheilige Wirkung entschieden hervortritt, aber doch weit langsamer, als dies bei der Anwendung des Kochsalzes sich zeigte. Hinsichtlich der Nachwirkung im zweiten Jahre nach der Aufbringung der Soda ist zu bemerken, daß fast allenthalben bei dem Roggen und dem Weizen eine Verminderung des Ertrages im Verhältniß gegen die nicht mit Soda behandelten Früchte eingetreten ist; dagegen wirkt im zweiten Jahre die nunmehr in die tieferen Schichten der Ackerkrume eingedrungene Soda für das Wachs-

thum des tiefwurzeligen Klees günstig und zwar in höherem Grade und deutlicher, wie dies bei dem Kochsalze beobachtet wurde. Das Glaubersalz verhält sich auch hinsichtlich seiner Nachwirkung der Soda ganz und gar analog. — Gegen das Gras der Wiesen scheint die Soda sich ebenso zu verhalten, wie gegen die angeführten Halmfrüchte; wenigstens brachten in den Versuchen Kuhlmann's 300 Kil. auf 1 Hectare angewendet im Jahr 1845 an Heu und Grummet nur einen Mehrertrag von 346 Kil. hervor, im Jahr 1846 sogar eine Verminderung der Heuernte um 182 Kil. Dagegen zeigte sich hier das phosphorsaure Natron günstiger, indem 300 Kil. desselben in dem Jahre 1844 eine Zunahme von 506, im Jahr 1845, ohne neuen Dünger anzuwenden, von 171 Kil. bewirkten, in dem trocknen J. 1846 in Folge des Zusatzes einer gleichen Quantität dieses Salzes, eine Vermehrung der Heuernte um 243 Kil.; bei einem anderen Versuche wurden durch 150 Kil. phosphorsaures Natron im Jahr 1845 sogar 1633 Kil. Heu und Grummet erzeugt. Diese Wirkung muß aber zum größten Theile der Phosphorsäure und nicht dem Natron zugeschrieben werden.

Wirkung der Soda und des phosphorsauren Natron auf Wiesen.

Einfluß der Pottasche auf die Vegetation.

Die Resultate der mit kohlensaurem Kali (Pottasche) angestellten Versuche, um die Einwirkung dieser Mineralsalze auf die Vegetation zu prüfen, findet man in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nr. des Versuches.	Menge des Salzes auf 1 Hect.	Gerste. Stroh.	Gerste. Körner.	Hafer. Stroh.	Buchweizen. Stroh.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1.	—	6210	4174	8694	3359
2.	288	+ 378	— 94	+ 2322	+ 1836
3.	576	+ 162	— 784	+ 3132	+ 502
4.	1152	+ 3240	+ 436	+ 3510	+ 1355
5.	2160	+ 4104	+ 36	+ 4374	— 43
6.	4320	— 3240	Keine Körner.	+ 3348	— 3316

Nachwirkung im Jahr 1850.

Nr. des Versuches.	Roggen. Stroh.	Roggen. Körner.	Weizen. Stroh.	Weizen. Körner.	Grüner Klee.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1.	3932	1631	6091	2430	17928
2.	— 120	+ 192	+ 1518	+ 824	+ 8694
3.	— 494	— 51	— 326	— 505	+ 18684
4.	— 21	+ 178	+ 2671	+ 394	+ 21870
5.	+ 2009	+ 468	+ 3730	+ 648	+ 24660
6.	+ 2992	+ 552	+ 4817	+ 478	+ 31527

Der fördernde Einfluß des kohlensauren Kali's ist ganz deutlich weit beträchtlicher als der des kohlensauren Natrons, hinsichtlich des Strohertrages fast ebenso groß, wie bei dem Chlornatrium, dagegen weit geringer in Betreff der Körnervermehrung, welche auffallend niedrig, sogar negativ bei der Anwendung der Pottasche sich herausgestellt hat. Das kohlensaure Kali hat, wenn besonders große Quantitäten ausgestreut waren, auch noch im zweiten Jahre eine nicht geringe Nachwirkung gezeigt und zwar wiederum in einem weit höheren Grade in der Strohbildung, als in der Entwicklung der Körner. Ganz besonders spricht sich diese Nachwirkung in der Vegetation des rothen Klees aus; hier gränzte in der That die Ueppigkeit der Vegetation ans Wunderbare, wozu allerdings die dem Kleewuchs besonders günstige Witterung im Sommer 1850 das Ihrige beigetragen haben mag; die Pflanzen zeigten eine dunkelgrüne gesunde Farbe, die einzelnen Blattstengel hatten eine Länge von fast $1\frac{1}{2}$ Fuß, während die mit zahlreichen Blüthen versehenen Blüthenstengel eine Länge sogar von gegen 4 Fuß erreichten und dabei von einer entsprechenden Dicke waren und dieser Klee war, wie auf den übrigen Versuchsbeeten im Frühjahr desselben Jahres am 17. April gesäet worden und die mitgetheilten Erträge an vegetabilischer Substanz beziehen sich auf einen einzigen Schnitt, der schon am 16. August genommen wurde, so daß später im Herbste noch einmal eine gleiche Quantität hätte eingeerntet werden können; in der Zeit von 4 Monaten, von der Aussaat bis zur Ernte, hatte sich diese ungeheure Masse an vegetabilischer Substanz unter dem nachwirkenden Einfluß des kohlensauren Kali's entwickelt.

Folgerungen aus diesen Versuchen.

Die Nachwirkung des Salpeters im zweiten Jahre nach seiner Aufbringung ist bei der Cultur des Klees ebenfalls eine bedeutende gewesen; in wie weit die beobachtete Nachwirkung dem Kaligehalte des Salpeters zugeschrieben werden muß, läßt sich leicht beurtheilen, wenn man die unter dem Einfluß des kohlensauren Kalis erhaltenen Ernten auf gleiche Mengen des im Salpeter enthaltenen Kali's berechnet; man erhält dann die folgenden Zahlen:

Wirkung des in dem Salpeter enthaltenen Kali und des Stickstoffes.

	Salpeter.	Mehrertrag an grünem Klee, bewirkt durch eine entsprechende Menge Pottasche.	Differenz.
1.	5400	5950	— 550
2.	7670	12485	— 4815
3.	8100	18490	— 10390
4.	14670	22125	— 7455
5.	32560	29480	+ 3080

Es ergiebt sich also, daß der Salpeter in Bezug auf seinen Stickstoffgehalt nur im ersten Jahre zur Förderung der Vegetation beiträgt, im zweiten Jahre aber, wenn nicht auf's Neue stickstoffhaltige Substanzen zugeführt werden, sogar eine Verminderung der Ernte bewirkt, seine Nachwirkung ist eine negative. Ein ähnliches Resultat hat der Salpeter hinsichtlich der Halmfrüchte im zweiten Jahre geliefert; denn ein Mehrertrag bei der Cultur des Roggens und Weizens im J. 1850 ist nur da sichtbar gewesen, wo eine besonders große Menge Salpeter aufgebracht worden war, und dieser Mehrertrag verschwindet und wird sogar negativ, wenn man die dem Kali entsprechende Wirkung in Abzug bringt. Man sieht also, daß die salpetersauren Salze im Verlaufe eines einzigen Jahres unter sonst günstigen Umständen und bei Gegenwart von faulenden organischen Substanzen vollständig zersetzt werden und daß bei dieser schleunigen Zersetzung ein Theil des im Boden vorher schon enthaltenen chemisch gebundenen Stickstoffes gleichsam mit gelöst und in den Organismus der Pflanze mit übergeführt wird oder in die Atmosphäre sich verflüchtigt. Dasselbe Verhalten scheint den bisherigen Beobachtungen zufolge, je nach den verschiedenen Witterungs-, klimatischen und Bodenverhältnissen allerdings in einem höheren oder geringeren Grade, allen sehr leicht auflöslichen und stark stickstoffhaltigen Substanzen, namentlich auch den reinen Ammoniaksalzen, vielleicht auch dem Guano, Rapsmehl und ähnlichen Düngstoffen eigenthümlich zu sein. Es wird einiges Interesse darbieten, wenn wir hier die früher mitgetheilten unter dem Einfluß des Salpeters entstandenen Mehrerträge des ersten Jahres bei der Cultur der Gerste und des Hafers einer ähnlichen Reduction unterwerfen, wie dieses für die Kleeernte bereits geschehen ist. Wir nehmen hier nur auf die Stroherträge Bezug und zwar in der Weise, daß überall das Mittel des Mehrertrages an Stroh von der Gerste und dem Hafer in Rechnung gezogen wird.

	Salpeter.	Mehrertrag an Stroh, bewirkt durch eine entsprechende Menge Pottasche.	Differenz.
1.	1180	923	257
2.	1550	1367	183
3.	4890	2288	2602
4.	9966	3618	6348
5.	6270	5067	1203

Die letzte Zahlenreihe würde also die Wirkung ausdrücken, welche der in dem Salpeter enthaltenen Salpetersäure oder vielmehr deren

Stickstoff zugeschrieben werden müßte. Diese Wirkung würde allerdings hier in den beiden ersten Versuchen nur sehr gering sein, jedoch ist zu bedenken, daß schon eine bedeutende Düngkraft im Boden vorhanden war und ferner, daß hier auf die Vermehrung der Körner keine Rücksicht genommen worden ist, welche unter dem Einfluß des Salpeters gleichfalls in einem beträchtlichen Grade stattfand, dagegen bei Anwendung des kohlensauren Kali durchaus nicht bemerkt wurde.

Wirkung des kieselsauren Kali und des Chlorcalcium auf Wiesenland.

Das kieselsaure Kali, von Kuhlmann in einer Quantität von 300 Kil. auf die Fläche eines Hectare Wiesenlandes ausgestreut, bewirkte im J. 1845 bei vorherrschend feuchter Witterung, eine Verminderung der Heu- und Grummeternte um 84, im J. 1846, bei vorherrschend sehr trockner Witterung, einen Mehrertrag an Heu um 4 Kil.; die Wirkung des kieselsauren Kali reducirte sich also, wenigstens in diesem Falle, vollständig auf Null. Endlich ist noch einiger Versuche Erwähnung zu thun, welche ausgeführt wurden, um den Einfluß des Chlorcalcium auf die Entwicklung und Vermehrung des Wiesengrases kennen zu lernen. 250 Kil. Chlorcalcium hatten im Jahre 1844 eine Vergrößerung der Heu- und Grummeternte nur um 10 Kil. bewirkt, im Jahr 1845 sogar eine Verminderung der Ernte um 376, und im Jahre 1846 aufs Neue auf diese Wiesenparzelle aufgebracht, eine Verminderung um 293 Kil. Dagegen wird von älteren Beobachtern angegeben, daß das Chlorcalcium in geringer Menge angewendet günstig, in zu großer Quantität schädlich auf die Vegetation einwirke; es muß also die im obigen Falle auf die Fläche von 1 Hectare aufgebrachte Quantität an Chlorcalcium schon eine zu große gewesen sein.

Einfluß von Gemengen verschiedener Mineralsalze auf die Vegetation.

Es ist nun zu untersuchen, ob die Erfahrung uns die Unterlagen für die Lösung der für die allgemeine Theorie des Düngers ebenfalls sehr wichtigen Frage liefert: Zeigen die Mineralsalze, wenn sie in dem Verhältniß, in welchem sie die Asche irgend einer bestimmten Pflanze zusammensetzen, zur Förderung des Wachsthums eben dieser Pflanze mit einander gemengt zu gleicher Zeit ausgestreut werden, — einen größeren Erfolg für die Vermehrung der Ernte, als wenn man eine gleich große Quantität von jedem einzelnen Salze für sich anwendet? Ich mache hier nur auf wenige Versuche aufmerksam, von denen einige für die Bejahung der Frage sprechen, andere dagegen ein entweder unentschiedenes oder sogar negatives Resultat geliefert haben. Ein ganz ähnliches, nämlich ein unbestimmtes oder negatives Resultat gaben die zahlreichen Versuche, welche in verschiedenen Ländern angestellt wurden,

um den Werth des sogenannten Liebig'schen Patentdüngers zu erforschen, dessen Zusammensetzung auf die in der Asche der betreffenden Pflanzen enthaltenen Mineralstoffe vorzugsweise basirt war, worauf ich in einem späteren Kapitel der Düngerlehre zurückkommen und näher eingehen werde. Es wurde von Kuhlmann ein Hectare Wiese mit verschiedenen salzigen Substanzen gedüngt, die in dem Verhältnisse gemengt waren, in welchem sie ziemlich genau die Zusammensetzung der Heuasche darstellten; eine andere Fläche wurde mit denselben Salzen gedüngt, jedoch mit dem Unterschiede, daß das kohlensaure Natron durch sein Aequivalent salpetersaures Natron ersetzt worden war; eine dritte Parzelle endlich erhielt allein die Quantität salpetersaures Natron des vorigen Versuches. Die Ernteresultate waren die folgenden:

Nr.	Natur des Düngers, den 20. April 1846 auf ein Hectare ausgestreut.	Menge der einzelnen Substanzen.	Heu, geerntet den 18. Juni 1846.	Zunahme in Folge des Düngers.	Abnahme in Folge des Düngers.
		Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1.	Kein Dünger	=	3323	=	=
	Kochsalz	67			
	Trocknes kohlensaures Natron .	125			
	Schwefelsaures Natron . . .	83			
2.	Kieselsaures Kali	350	2890	=	433
	Aetzkalk	300			
	Knochenasche	180			
	Kochsalz	67			
	Chilisalpeter	200			
	Schwefelsaures Natron . . .	83			
3.	Kieselsaures Kali	350	4660	1336	=
	Aetzkalk	300			
	Knochenasche	180			
4.	Chilisalpeter	200	4726	1403	=

Die Salze haben, anstatt die Ausbeute zu vermehren, dieselbe vermindert und die Salpetersäure des Chilisalpeters hat ihren günstigen Einfluß auf das Entschiedenste bewährt. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß die Versuche im Jahre 1846, während eines sehr trockenen Sommers unternommen wurden, und die Substanzen daher nicht in den erforderlichen Bedingungen der Auflöslichkeit waren, um einen fortgesetzten und regelmäßigen Einfluß zu zeigen; dieser würde vielleicht in einem feuchteren Jahre bemerkbar gewesen sein.

Weitere Versuche über die Wirkung von Salzmischungen.

Die jetzt mitzutheilenden Versuche von Fresenius haben dagegen im Ganzen ein günstiges Resultat geliefert, bei Anwendung von ähnlichen Düngstoffen. Die chemisch gedüngten Felder erhielten die fünffache Menge der Salze, welche eine Ernte durchschnittlich dem Boden entzieht.

Die Düngerarten wurden zusammengesetzt aus Buchenholzasche, gebrannten Knochen, Gips, Soda oder Kochsalz und gebranntem zerfallenen Kalke. Die mit Salzen gedüngten Abtheilungen gaben einen günstigeren Ertrag nach Qualität und Quantität als die mit gewöhnlichem Stalldünger behandelten, wie aus folgender Uebersicht der Ernteergebnisse des Jahres 1847 zu ersehen ist. 75 Quadratmeter (etwa 3 Quadratruthen) gaben lufttrockne Substanzen in Kilogrammen:

Cultivirte Pflanzen.	Mit Salzen gedüngt:			Mit Stalldünger gedüngt.		
	Körner.	Stroh.	Spreu.	Körner.	Stroh.	Spreu.
Talaveraweizen ohne Wechsel	18,38	35,5	5	13,88	31	3,25
Talaveraweizen im Wechsel	14,88	31,5	3,25	12,88	28	3,125
Sommergerste ohne Wechsel	15,75	16,5	3,5	15,50	17,5	3,5

Das specifische Gewicht der durch chemischen Dünger producirten Körner war stets größer als das Gewicht der auf Stalldünger gewachsenen; eine gleiche Anzahl Körner wog bei ersterem immer deutlich mehr als bei letzterem.

Ferner wurden auf drei gleich beschaffene Feldchen, jedes 6 Quadratmeter groß, je 6 vollkommen gesunde, möglichst gleichartige, rothe Kartoffeln gesteckt. Das Gewicht jeder Kartoffelsection war gleich und betrug 250 Grammen. Die eine Abtheilung wurde mit den Salzen gedüngt, welche die ganze Kartoffelpflanze in der Asche liefert. Der Dünger bestand aus 20 Theilen Buchenholzasche, 15 gebrannten Knochen, 10 Gips, 15 Kochsalz und 40 gebranntem zerfallenen Kalk. Jede Kartoffel erhielt 1 Loth (15 Grm.) des gleichförmig gemengten Pulvers. Der Boden war ein ganz schlechter: ein schwerer und zäher Thon, aus der Verwitterung des Taunusschiefers entstanden; er war noch nie gedüngt gewesen und enthielt kaum Spuren von organischer Substanz. Der Ertrag war folgender:

Abtheilung I. Mit Stalldünger gedüngt.			Abtblg. II. Nicht gedüngt.			Abtheilung III. Mit Salzen gedüngt.		
Nummern d. Stöcke.	Zahl der Knollen.	Gewicht der Knollen in Grammen.	Nummern d. Stöcke.	Zahl der Knollen.	Gewicht der Knollen in Grammen.	Nummern d. Stöcke.	Zahl der Knollen.	Gewicht der Knollen in Grammen.
1.	11	352	1.	8	320	1.	17	1172
2.	10	326	2.	8	308	2.	10	704
3.	2	17	3.	8	189	3.	18	953
4.	9	181	4.	5	250	4.	10	563
5.	7	309	5.	5	276	5.	15	380
6.	14	522	6.	9	392	6.	8	433
	53	1707		43	1735		78	4205

Das frische Kraut (welk und ungetrocknet) sammt Wurzeln wog von je einer Abtheilung zusammen:

Abtheilung I.	Abtheilung II.	Abtheilung III.
106 Grm.	87 Grm.	312,5 Grm.

Versuche, die ich selbst anzustellen Gelegenheit hatte, gaben weder bei Kartoffeln noch bei der Gerste ein für die Salzdüngung besonders günstiges Resultat; von 130 in gewöhnlichen Stalldünger gelegten Kartoffeln wurden in zwei verschiedenen Versuchen 42,6 und 40,1, von einer gleichen Anzahl mit Salzmischung (jede einzeln mit etwa 8 Grm.) bestreuten Kartoffeln dagegen nur 36,5 und 34,5 Kil. geerntet. Bei der Gerste wurden auf 75 Quadratmetern (3 Quadratruthen) nach Mistdüngung 17,38, nach Salzdüngung (1,31 Kilogr. Salzmischung auf 75 Quadratmeter) 15,68 und ohne allen Dünger 11,5 Kil. geerntet. Beide Versuche wurden auf einem lehmigen, sonst recht thätigen Boden vorgenommen.

Im Allgemeinen ergeben sich aus den mitgetheilten Versuchen, die angestellt wurden, um über den Einfluß verschiedener Mineralsalze auf das Gedeihen der Pflanzen Aufklärung zu verschaffen, folgende Resultate:

Allgemeine Folgerungen aus den Versuchen mit Mineralsalzen.

1. Das Kochsalz hat die größte Vermehrung an Stroh und Körnern unter den angegebenen Bodenverhältnissen, bei Anwendung von 1150 Kil. auf 1 Hectare, bewirkt, nämlich bei der Gerste an Stroh um beinahe 4000, an Körnern etwa 2500, beim Hafer aber an Stroh sogar um 6500 Kil., ein Erfolg, welcher sogar bei Anwendung einer gleich großen Menge von Salpeter nicht so glänzend ausgefallen ist. Der höchste Ertrag, der mittelst Kochsalz zu erzielen sein möchte, würde also nach diesen Versuchen eine Vermehrung einer an sich schon glänzenden Ernte von etwa 12000 Kil. Stroh und Körner (welche zusammengenommen ungefähr einer gleich großen Quantität Heu äquivalent angenommen werden können) um noch 7500 Kil. vegetabilischer Substanz betragen. Die Soda hat für die Gerste durchaus keine bestimmten Resultate geliefert; der Einfluß derselben auf das Wachsthum dieser Pflanze war wenigstens nur unbedeutend; dagegen sehen wir bei dem Hafer den Strohertrag unter dem Einfluß von 1150 Kil. Soda bedeutend zunehmen; ähnliche Resultate hat das Glaubersalz geliefert, bei der Gerste unbestimmte, bei dem Hafer günstige, aber bei dem letzteren entschieden erst bei Anwendung einer größeren Quantität, als von dem Kochsalze oder der Soda erforderlich war. Die Pottasche ist dem

Wachsthum sowohl der Gerste als des Hafers günstig; die größte Production vegetabilischer Masse scheint aber ebenfalls mehr Salz zu erfordern, als bei dem Kochsalze; auffallend sehen wir hier das kohlensaure Kali fast einzig und allein auf die Vermehrung der Strohmasse einwirken, während der Körnerertrag fast nicht im Geringsten sich vergrößert hat. Sehr anschaulich und übersichtlich kann man die Größe der Wirkung sämmtlicher hier in Untersuchung genommener Salze machen, wenn man die Mehrerträge in dem Versuche bei jedem Salze, wo der relativ günstigste Erfolg sich gezeigt hat, auf 1000 Kil. des angewendeten wasserfreien Salzes bezieht und die so sich ergebenden Zahlen zur gegenseitigen Vergleichung in eine einzige kleine Tabelle zusammenstellt. Zur Vergleichung ist auch die Wirkung des Salpeters beigefügt worden. Ich habe nur die Mehrerträge im Mittel von der Cultur der Gerste und des Hafers und aus dem zweiten Versuchsjahre die Mehrerträge an grünem ungetrocknetem Klee in Rechnung gezogen, weil eben nur diese Substanzen sichere Anhaltepunkte darbieten, welche man in den Resultaten der mit dem Anbau von Buchweizen und den Winterhalmfrüchten ausgeführten Versuche manchmal vermißt. Außerdem sind nur die Zahlen aufgeführt worden, welche sich auf diejenigen Versuche beziehen, in denen bei Anwendung einer sehr beträchtlichen Quantität (ungefähr 1000 Kil. auf 1 Hectare) des Düngmittels der höchste Mehrertrag sich herausstellte; allerdings nämlich ist fast bei allen vorliegenden Versuchsreihen die Zunahme des Erntegewichtes bezüglich der Quantität des angewendeten Salzes in den Fällen relativ am bedeutendsten, wo nur verhältnißmäßig geringe Salzmengen (von 200 bis 300 Kil.) ausgestreut wurden, aber hier sind die direkt gefundenen Zahlenunterschiede überhaupt zu niedrig, als daß sie unter sich zu einer Vergleichung, wie sie hier vorgenommen worden ist, benutzt werden könnten.

Art des Salzes.	Mehrerträge auf 1 Hectare, berechnet für 1000 Kil. der wasserfreien Salze. An Stroh im Mittel von Gerste u. Hafer.	An Stroh u. Körnern zusammen.	An grünem Klee.	Menge des wirklich angewendeten Salzes.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1. Kochsalz	4389	6584	4830	1152
2. Soda	2334	3501	19050	856
3. Glaubersalz	1905	2858	12865	1148
4. Pottasche	2921	2921	18985	1152
5. Salpeter	4244	6366	7030	1152
6. Wirkung des im Salpeter enthaltenen Stickstoffes . .	2258	4516	÷ 9000	„

In der dritten Spalte dieser Tabelle ist das Gewicht des Mehrertrages an Stroh und Körnern zusammen angegeben und zwar nach dem Verhältniß = 2:1, nur bei der Pottasche ist auf die Körnervermehrung gar nicht Rücksicht genommen worden, weil hier in der That eine solche fast gar nicht stattfand; dagegen ist für die Wirkung des in dem Salpeter enthaltenen Stickstoffes an Körnern ein dem des Strohes gleiches Gewicht in Anschlag gebracht, welches durch die Versuchsresultate selbst gerechtfertigt erscheint. Ich bemerke hier nochmals, daß die obigen Zahlen in keiner Weise auf die Praxis im Großen Anwendung finden können, weil sie aus den Resultaten von sehr im Kleinen ausgeführten Versuchen abgeleitet worden sind, es sind aber Verhältnißzahlen, die stets unter sich vergleichbar bleiben und unter den gegebenenen physikalischen und chemischen Zuständen des Bodens und der Atmosphäre den relativen Werth der einzelnen Salze für die Entwickelung der vegetabilischen Substanz ausdrücken. Hinsichtlich der angewendeten Quantitäten der Salze will ich noch hinzufügen, daß in England das Kochsalz vielfach von 4 bis 8 Centner und darüber auf die Fläche eines englischen Ackers ausgestreut wird, welches für die Fläche eines Hectare etwa 500 bis 900 Kil. ausmachen würde.

2. Die auf Wiesen eintretende Zunahme des Graswuchses in Folge der Aufbringung einzelner Salze hat bisher nur bei der Anwendung von Kochsalz und phosphorsauren Verbindungen nachgewiesen werden können, durch andere Salze wie Soda und kieselsaures Kali hat keine Vermehrung der Ernte stattgefunden; jedoch ist hier nicht zu vergessen, daß das Verhalten dieser Düngmittel auf Wiesen nicht nach einem einzelnen Versuche und namentlich bei Anwendung einer geringen Quantität des betreffenden Salzes als entschieden angesehen werden kann.

Weitere Folgerungen hinsichtlich des Verhaltens der Mineralstoffe gegen die Vegetation.

3. Eine wichtige Erscheinung ist bei Betrachtung aller von mir ausgeführten Versuche sogleich auffallend. Wir sehen nämlich ohne Ausnahme bei Anwendung des Kochsalzes, der Soda, des Glaubersalzes und der Pottasche, die Masse der vegetabilischen Substanz nach Zusatz einer nur geringen Quantität des Düngmittels von etwa 200 bis 400 Kil. bei der Gerste, wie beim Hafer, in den Körnern, wie im Stroh um eine bestimmte Größe zunehmen, dann aber bei Vergrößerung der Salzmenge längere Zeit mit geringen Schwankungen und wenigen Ausnahmen auf dem einmal erreichten Punkte verharren; und nun, wenn die Quantität des in Anwendung gebrachten Salzes etwa 1200 Kil. für 1 Hectare erreicht hat, tritt gewöhnlich plötzlich und

gleichsam mit einem Sprunge ein auffallend großer Mehrertrag an organischer Substanz ein, — eine Erscheinung, welche zu beweisen scheint, daß die auflöslichen Salze der Alkalien und alkalischen Erden einen doppelten Einfluß auf die Beförderung der Vegetation ausüben müssen; nämlich einmal, indem sie zur Ernährung der Pflanze unmittelbar beitragen und als Nahrungsstoff in den innern Organismus der Pflanze selbst eintreten, dann aber auch, indem sie zersetzend, lösend und überhaupt verändernd auf die schon vorhandenen, seien es organische oder mineralische Bestandtheile des Bodens einwirken und diese in den zur Pflanzenernährung geeigneten Zustand überführen. Die letztere Wirkungsart der auflöslichen Mineralstoffe ist bei sonst kräftiger Beschaffenheit des Bodens sogar bei weitem die wichtigere, da durch dieselbe, wie wir gesehen haben, eine weit größere Vermehrung der Ernte hervorgebracht wurde, als in Folge der ersteren Wirkungsart. Die auflöslichen Mineralsalze, wie wir sie in der Asche verschiedener Pflanzen vorfinden, sind in der Regel in vollkommen und mehr als ausreichender Menge im Boden vorhanden, um eine noch weit größere Menge an vegetabilischer Substanz zu erzeugen, als gewöhnlich auf einer bestimmten Fläche geerntet wird. Eine ganz einfache Berechnung zeigt solches zur Genüge. Auf 1 Hectare des in Cultur stehenden Feldes bringen wir, um dasselbe in Kraft zu erhalten, alle 3 Jahre wenigstens 36000 Kil. feuchten Stall- oder Hofdüngers, in welchem etwa 5 Proc. oder 1800 Kil. salziger und erdiger Mineralsubstanzen sich befinden; 600 Kilogr. dieser Masse aber, die jährlich disponibel ist, reicht schon hin, um mehr wie 12000 Kilogr. organisch-vegetabilischer Masse mit den zu ihrer Entwickelung erforderlichen Mineralkörpern zu versorgen. Nun aber wissen wir, daß der Wald und oft auch die Wiesen jährlich eine große Masse Holz und Gras producirt, ohne jemals Dünger zu erhalten; hier muß also die ganze Menge der Aschenbestandtheile dem Boden entzogen werden und also in diesem unter dem zersetzenden Einflusse der Atmosphäre immer aufs Neue aus einem gebundenen in den freien, auflöslichen und für die Pflanze assimilirbaren Zustand übergehen. Die Krume des Ackers ist denselben auflösenden Einwirkungen der Atmosphäre ausgesetzt, wie der Boden des Waldes und der Wiesen und dort wie hier muß jährlich eine bedeutende Menge von Mineralsalzen neu aufgeschlossen und den Pflanzen dargeboten werden, wenn der Boden selbst nicht ein unfruchtbarer Flugsand und somit überhaupt unfähig ist, das Wachsthum der Pflanzen zu unterstützen.

Man wird daher, wie ich glaube, durch die Anwendung von geringen Quantitäten eines Salzgemenges unter den gewöhnlichen Umständen die Fruchtbarkeit des an sich schon kräftigen und thätigen Ackers nur weniger höhen können. Diese Betrachtung und Rechnung ist jedoch nur für einen zwar humosen, aber etwas bindigen Boden mit ziemlich undurchlassendem Untergrund vollkommen richtig, unter welchen Verhältnissen auch der Erfahrung zufolge die Salzdüngung im Allgemeinen am wenigsten günstig sich gezeigt hat, vorausgesetzt, daß dieser Boden schon seit längerer Zeit in Cultur sich befand und also schon hinreichend oft mit gewöhnlichem Stalldünger behandelt worden war und deshalb namentlich an phosphorsauren Verbindungen keinen Mangel leiden konnte. Auf einem sandigen Boden mit durchlassendem Untergrunde stellt sich das Verhalten etwas anders heraus, indem hier die leicht auflöslichen Mineralsalze, besonders die günstig wirkenden Alkalien sehr bald in die tieferen Schichten der Ackerkrume oder gar in den Untergrund hineindringen, also aus der Sphäre der flachwurzeligen Halmfrüchte heraustreten und nur durch nicht immer rathsames sehr tiefes Umbrechen der Ackerkrume oder durch tiefwurzelige Pflanzen, wie durch den Klee, wieder heraufgeholt werden können. Unter solchen Bodenverhältnissen wird kurz vor oder nach der Einsaat der Zusatz von auflöslichen, pflanzenernährenden Salzen auf das Wachsthum der in demselben Jahre cultivirten Pflanzen wahrscheinlich stets einen günstigen Einfluß äußern. Auf der andern Seite kann man sich auch einen günstigen Erfolg der Salzdüngung als möglich denken, wo man mit einem verschlossenen, zähen Thonboden zu thun hat; hier kann nämlich die Pflanze aus dem Boden selbst, wie aus dem hinzugebrachten Stalldünger nur langsam die ihr nöthige Nahrung an Mineralstoffen ziehen, indem die Atmosphäre eben in Folge des zähen, verschlossenen Zustandes im Boden nicht schnell genug die pflanzenernährende Kraft zu lösen und den Gewächsen zugänglich zu machen im Stande ist. Jedoch werden hier auch leicht die Salze nachtheilig wirken, wenn nämlich nach Zusatz einer nur etwas beträchtlichen Quantität die Auflösung zu sehr concentrirt den Pflanzenwurzeln dargeboten wird, da hier nicht wie in dem durchlassenden Sand- und Lehmboden eine rasche Vertheilung über einen größern Raum eintritt.

4. Die directen Versuche über die Wirkungsart eines Salzgemenges, wie es der Zusamensetzung der Asche eines bestimmten Gewächses entspricht, haben bisher noch nicht recht bestimmte Resultate gegeben, wie

es ganz natürlich ist, da auf die Wirkungsart solcher Gemenge die Zusammensetzung und der mechanische Zustand des Bodens, wie oben angedeutet wurde, von dem größten Einfluß sein muß.

An die zuletzt besprochene Frage, ob die Mineralsalze jedes für sich allein oder mehrere mit einander gemengt angewendet, irgend einen Erfolg für die Entwickelung der Pflanze haben, schließen sich noch einige Versuche an, welche ebenfalls von Kuhlmann in der Absicht ausgeführt wurden, um zu erfahren, ob durch gleichzeitige Anwendung von stickstoffhaltigen Stoffen, vorzugsweise von Ammoniaksalzen und von verschiedenen Mineralverbindungen, eine Modifikation der Wirkung stattfindet, welche jeder Körper für sich isolirt auf die Pflanze ausübt. Diese Versuche wurden auf einer Wiese angestellt, die im Jahre 1844 auf thonigem Boden, welchen man mit Grassamen und Wicken angesäet hatte, angelegt worden war; im Jahre 1845 wurde das während eines sehr feuchten Sommers gebildete Heu und Grummet jedes für sich gewogen; in dem sehr trockenen Jahre 1846 konnten die Versuche nur auf die Heuernte sich beziehen.

Wirkung der feuerfesten Stoffe nach der Mischung mit Ammoniaksalzen.

Nr.	Natur und Menge des angewendeten Düngers auf 1 Hectare.	Zunahme in Folge des Düngers, im Jahre 1845.			Vermehrung der Heuernte 1846, durch Hinzubringen einer gleichen Menge Dünger.
		an Heu.	an Grummet.	Zusammen.	
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
1.	Kein Dünger . . .	5608	2136	7744	3519
2.	200 Kilogr. Salmiak	+ 2057	— 413	+ 1644	+ 2057
3.	200 Kil. Salmiak und 300 Kil. kieselsaures Kali	+ 1932	— 460	+ 1472	+ 2160
4.	300 Kil. kieself. Kali	+ 392	— 476	— 84	+ 4
5.	200 Kil. Salmiak und 300 Kil. Soda .	+ 2745	— 149	+ 2596	+ 2184
6.	300 Kil. Soda . .	+ 532	— 166	+ 346	— 182
7.	200 Salmiak u. 150 phosphors. Natron	+ 2492	— 56	+ 2436	+ 1744
8.	150 phosphors. Natron	+ 1352	+ 281	+ 1633	— 89
9.	200 Salmiak und 300 Knochenasche . .	+ 2499	— 29	+ 2470	+ 2507
10.	300 Knochenasche	+ 1785	— 299	+ 1486	+ 150
11.	200 Salmiak u. 1000 Tabaksasche . .	+ 2459	— 46	+ 2413	+ 2330
12.	1000 Tabaksasche .	+ 302	+ 44	+ 346	+ 147
13.	200 Salmiak u. 4000 Steinkohlenasche .	+ 2219	+ 167	+ 2386	+ 1667
14.	4000 Steinkohlenasche	+ 665	+ 214	+ 879	— 562
15.	200 Salmiak und 200 Kochsalz . . .	+ 2742	+ 641	+ 3383	+ 2304
16.	200 Kochsalz . . .	+ 725	+ 434	+ 1159	+ 447
17.	200 Salmiak u. 500 gebrannter Gips . .	+ 1949	— 19	+ 1930	+ 1534
18.	500 gebrannter Gips	— 238	+ 101	— 137	— 415

Nr.	Natur und Menge des angewendeten Düngees auf 1 Hectare.	Zunahme in Folge des Düngers, im Jahre 1845. an Heu.	an Grummet.	Zusammen.	Vermehrung der Heuernte 1846, durch Hinzubringen einer gleichen Menge Dünger.
19.	200 Salmiak u. 500 geschlämmte Kreide .	Kilogr. + 1422	Kilogr. — 203	Kilogr. + 1219	Kilogr. + 1440
20.	500 geschlämmte Kreide	— 201	— 23	— 224	— 332
21.	300 gelöschter Kalk .	+ 139	+ 167	+ 326	— 169
22.	200 Chilisalpeter und 300 gelöschter Kalk	+ 1912	+ 24	+ 1936	+ 1064
23.	200 Chilisalpeter . .	+ 1652	+ 147	+ 1799	+ 1004

Ergebnisse dieser Versuche.

Aus den in vorstehender Tabelle zusammengestellten Zahlenverhältnissen lassen sich verschiedene Folgerungen ziehen: Salmiak hat während zweier Jahre beständig die Ausbeute vermehrt; im Jahr 1845 stand diese Zunahme für die Heuernte, mit den nicht gedüngten Theilen verglichen, in dem Verhältniß wie 136:100; noch ist bemerkenswerth, daß die Zunahme sich nur auf das Heu erstreckt und daß sich das Grummet um 20 Proc. vermindert hatte. Im Jahre 1846 verhielt sich die reichlichere Ausbeute durch das Salmiak wie 158:100. — Die Mischung von Salmiak mit kohlensaurem Natron, phosphorsaurem Natron, phosphorsaurem Kalk, Tabaks- oder Steinkohlenasche in dem angeführten Verhältnisse gab im Jahre 1845 für alle Versuche eine mehr oder minder große Vermehrung der gesammten Ernten. Aber alle diese Substanzen, mit Ausnahme der Steinkohlen- und Tabaksasche, deren Einwirkung langsamer ist, und hauptsächlich des phosphorsauren Natrons, bewirkten eine Abnahme der Grummeternte; diese Abnahme ist jedoch schwach und weit geringer als diejenige, die wir auf Parzellen bemerken, welche nur Salmiak erhalten hatten. Auflösliches kieselsaures Kali gab weder im Jahre 1845 noch 1846 günstige Resultate, sei es, daß es allein, oder mit Ammoniaksalz verbunden angewendet wurde. Das kohlensaure Natron hatte im Jahre 1845 eine Zunahme der Ernte, die allerdings nicht bedeutend war, bewirkt. Im Jahre 1845 übten phosphorsaures Natron und phosphorsaurer Kalk allein, oder mit Salmiak verbunden, auf die Vegetation des Grases einen vortheilhaften, sehr bemerklichen Einfluß aus. Bei der großen Trockenheit im Jahre 1846 fand keine Einwirkung statt; phosphorsaures Natron gab sogar eine geringere Ausbeute. In demselben Jahre verminderten mehrere andere mineralische Substanzen merklich die Ernte, anstatt sie zu vermehren; dergleichen Substanzen waren kohlensaures Natron, gelöschter Kalk, gebrannter Gips und Kreide. Die beiden letzteren Stoffe hatten auch im Jahre 1845 negative Resultate gegeben.

Beträchtliche Differenzen wurden besonders bei der Einwirkung von Steinkohlen- und Tabaksasche in den Jahren 1845 und 1846 bemerkt. Das erste Jahr, unter dem Einfluß einer fast beständigen Feuchtigkeit, entwickelten diese Substanzen eine üppige Vegetation und die günstige Einwirkung dauerte bis zur Grummeternte; im Jahre 1846, bei fortwährend trockenem Wetter, waren die mit Tabaksasche gedüngten Parzellen nicht fruchtbarer, als die nicht gedüngten und bei Anwendung der Steinkohlenasche fand eine Verminderung der Ausbeute statt. Kochsalz, mit Salmiak verbunden, bewirkte im Jahre 1845 eine Zunahme der Heuernte, die größer war als bei fast allen übrigen Salzsubstanzen; vorzüglich aber hatte die Ausbeute an Grummet zugenommen, seine Einwirkung war also nachhaltiger gewesen. Kochsalz, für sich allein angewendet, gab auch deutliche Resultate, obgleich die Menge des auf das Land gestreuten Salzes nicht mehr als 200 Kil. auf ein Hectare betrug. Im Jahre 1846 gab bei der allgemeinen Trockenheit, Kochsalz, wie alle anderen dem Versuche unterworfenen mineralischen Salze, ein unentschiedenes Resultat. Bei einer Ernte von 5823 K. Heu mißrieth das Grummet gänzlich; das Kochsalz bewirkte im Mittel nur einen Mehrertrag von 350 Kil., gleichviel ob es mit Ammoniaksalz verbunden, oder allein als Düngmittel angewendet wurde; im J. 1845 vermehrte dieselbe Menge Kochsalz die Heuernte um 725 Kil. und die Totalernte des Jahres um 1159 Kil. Das Schlußresultat aller bisher ausgeführten Versuche ist, daß die stickstoffhaltigen Verbindungen (Ammoniak- und salpetersaure Salze) eine weit auffallendere Wirkung auf die Vegetation sowohl bei vorherrschend trockener als bei feuchter Witterung ausüben, als die verschiedenen Mineralsalze, daß aber auch die letzteren, namentlich in nassen Jahren, je nach ihrer Natur in sehr verschiedenem Grade, aber dennoch deutlich die Ernteergebnisse vermehren, daß sie aber mit den Stickstoffverbindungen gemischt über den zu düngenden Boden ausgestreut, keine andere Wirkung hervorbringen, als die Summe der Einflüsse von beiderlei Stoffen, wenn jeder für sich allein auf eine bestimmte Parzelle wäre aufgebracht worden. Andere, im Großen ausgeführte Versuche ähnlicher Art, welche mehr praktische Gesichtspunkte darbieten, werden erst später Erwähnung finden.

Die Beobachtungen, welche hinsichtlich der Einwirkung von stickstofffreien, organischen Substanzen auf die Entwickelung der Pflanzen vorliegen, sind nur gering an Zahl; sie scheinen jedoch den Indifferentismus jener Stoffe nachzuweisen. Wir verdanken dieselben Versuche mit stickstofffreien Substanzen als Düngmittel.

wiederum der Thätigkeit Kuhlmann's. Die Resultate der mit Rüböl, Stärke und Melasse angestellten Versuche findet man in der nachstehenden Tabelle angeführt:

Nr.	Art des angewendeten Düngers.	Quantität auf 1 Hectare.	Erhaltene Ernte im Jahre 1844.			Ausbeute im J. 1845 ohne Hinzufügung neuen Düngers.		
			an Heu.	an Grummet.	im Ganzen.	an Heu.	an Grummet.	im Ganzen.
		Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1.	Kein Dünger	—	2427	1393	3820	2779	1707	4486
2.	Rüböl . .	600	— 34	— 393	— 427	+ 64	— 49	+ 23
3.	Rüböl . .	300	+ 260	+ 37	+ 223	+ 114	+ 210	+ 324
4.	Stärkemehl .	800	— 160	— 193	— 33	— 172	— 41	— 213
5.	Melasse(Sirup)	800	— 94	— 279	— 373	— 239	— 117	— 376
6.	Rüböl . .	800	—	—	—	— 125	+ 204	+ 79
7.	Steinkohlentheer	800	—	—	—	— 101	+ 107	+ 6

Rüböl gab weder 1844 noch 1845 bemerkbare Resultate; die unbedeutenden Differenzen, welche man bemerkt, wenn man die Ernten der mit Oel gedüngten Parzellen mit den von den ungedüngten Abtheilungen erhaltenen vergleicht, sind nicht beträchtlicher als die, welche zwei verschiedene ungedüngte Flächen darboten. Stärke und Zucker haben die Vegetation auf keine Weise befördert, Zucker scheint eher nachtheilig eingewirkt zu haben, was wohl in seiner leichten Umwandlung in saure Produkte seinen Grund haben mag. Der Steinkohlentheer, ungeachtet er stets Stickstoff chemisch gebunden enthält, hat dennoch die Erntergebnisse ganz unverändert gelassen, wodurch bewiesen wird, daß der Stickstoff in einem zu gebundenen Zustande in diesem Körper sich befindet, als daß er unter den gewöhnlichen Boden- und atmosphärischen Verhältnissen, wenigstens im ersten Jahre, von der Pflanze aufgenommen und verarbeitet werden könnte. Ebenso verhält sich die Steinkohle selbst, welche trotz ihres Stickstoffgehaltes, keine düngende und fruchtbarmachende Kraft besitzt.

Wir haben jetzt die nöthigen Vorlagen uns verschafft, um eine allgemeine

Theorie des Düngers

aufstellen zu können; es ist dieselbe in den folgenden Worten entwickelt.

Bedeutung und Verhalten des Stickstoffes im Dünger.

1. Der wichtigste Bestandtheil aller Düngmittel ist der Stickstoff. Diese Thatsache ergiebt sich so entschieden und klar aus allen bisherigen Beobachtungen und Untersuchungen, daß dieselbe gegenwärtig wohl nicht dem geringsten Zweifel mehr unterworfen sein kann; wenn auch einzelne Fälle Ausnahmen von dieser allgemeinen Regel zu bilden scheinen und wirklich bilden, so sind dies eben nur Aus-

nahmen, welche gewöhnlich leicht in lokalen Boden-, Witterungs- oder klimatischen Verhältnissen ihre Erklärung finden und deswegen auf keinerlei Weise die Regel selbst umzustoßen vermögen. Nach dem Stickstoffgehalte läßt sich im Ganzen mit ziemlicher Bestimmtheit die Größe der Wirkung und somit auch der Werth des düngenden Stoffes bestimmen. Hierbei ist aber vorzugsweise der Zustand zu berücksichtigen, in welchem der Stickstoff zugegen ist, ob dieser nämlich sehr fest oder sehr lose oder gerade auf solche Art gebunden ist, wie er der Erfahrung zufolge, ganz besonders geeignet zu sein scheint, die Vegetation zu unterstützen. Wenn der Stickstoff zu lose gebunden ist, so geht der größte Theil desselben unbenutzt verloren; dieses beweist das Verhalten der reinen Ammoniaksalze und der salpetersauren Salze, aus welchen bei den ersteren fast zwei Drittel und bei den letzteren oft die Hälfte des Stickstoffes nicht von der Pflanze verarbeitet werden kann, weil derselbe in die Atmosphäre gasförmig entweicht; in den salpetersauren Salzen ist der Stickstoff etwas beständiger als in den schon fertig gebildeten Ammoniaksalzen, weil bei jenen erst der Uebergang der Salpetersäure in Ammoniak allmälig durch den im Boden stattfindenden Verwesungsprozeß bewirkt wird. Das kohlensaure Ammoniak, als das allerflüchtigste Salz wird auch am schnellsten aus der Sphäre der sich entwickelnden Pflanze heraustreten und daher die direkte Anwendung der gefaulten Mistjauche, in welcher der ganze Stickstoff in der Form von Ammoniak zugegen ist, nur dann einen wirklich lohnenden Erfolg haben, wenn dieser sehr kräftig wirkende Düngstoff im hinreichend verdünnten Zustande und bei feuchter Witterung mit der schon etwas entwickelten und den Boden mit einer grünen Blätterdecke überziehenden Pflanze in Berührung gebracht wird; in diesem Falle wird das kohlensaure Ammoniak durch die Feuchtigkeit des Bodens kurze Zeit hindurch zurückgehalten werden, schnell und begierig von der grünen Pflanze aufgesogen und ist daher, wenn nach einigen Tagen der Boden wiederum austrocknet, schon aus der Ackerkrume in die Pflanze selbst übergegangen und hier in einen mehr gebundenen Zustand versetzt worden. Bei trockner Witterung würde sehr bald, namentlich aus einem sandigen, nicht sehr humus- und lehmhaltigen, also etwas hitzigen Boden, das kohlensaure Ammoniak wenigstens bei weitem zum größten Theile sich verflüchtigen und unter die Bestandtheile der Atmosphäre sich mischen. Der Stalldünger verwandelt ebenfalls nach und nach seinen sämmtlichen Stickstoffgehalt in Ammoniak; diese allmälige

Bildung eines nothwendigen Nahrungsstoffes der Pflanze, des Ammoniaks nämlich, geht aber bei dem Stalldünger so langsam von Statten, daß das aus demselben bei gewöhnlich üblicher Düngung freigewordene Ammoniak nur ausreicht, um auf einer bestimmten Bodenfläche eine nach den bisherigen Erfahrungen der Praxis gute Ernte zu liefern, keineswegs die größtmögliche Quantität organischer Masse zu erzeugen. Diese Beschleunigung oder Vermehrung der Ammoniakbildung ist allerdings durch Aufbringung größerer Quantitäten kräftigen und schon mürben zergangenen Stalldüngers zu erzielen, aber es ist die Frage, ob unter allen Umständen die letztere Methode vor der Zuführung eines sehr stickstoffhaltigen, gleichsam concentrirten Bei- oder Nebendüngers den Vorzug verdient, eine Frage, welche wir in einem anderen Abschnitte dieser Ausarbeitung zu lösen versuchen wollen. Immer aber, bei sonst geeigneter und zweckmäßiger Behandlung wird der größte Theil des in dem Hauptdünger enthaltenen Stickstoffes von der Pflanze aufgenommen werden und zur Erzeugung einer entsprechenden Quantität vegetabilisch-organischer Masse beitragen.

2. Ehe ich in der hier entwickelten Theorie des Düngers von der Erörterung der hohen Bedeutung des in demselben enthaltenen Stickstoffes für die Vermehrung der Erträge zu der Betrachtung des Verhaltens der übrigen Bestandtheile übergehe, benutze ich die Gelegenheit, noch einige Bemerkungen über die Wirkungsart der salpetersauren Salze und der Ammoniakverbindungen beizufügen, welche Bemerkungen ebenfalls der Theorie des Düngers im Allgemeinen angehören. Die salpetersauren Salze können in den Boden gelangen entweder in Folge direkter Zuführung durch des Menschen Hand, oder auch sie sammeln sich an in der Ackerkrume als Producte gewisser in der Natur selbst auftretender Prozesse. Der letzteren Quellen der Salpetersäure giebt es nämlich zwei; die eine haben wir schon früher kennen gelernt, es ist die Erzeugung der Salpetersäure durch direktes Zusammentreten des atmosphärischen Stickstoff- und Sauerstoffgases bei Entladungen der Luftelektricität, also an Gewittertagen; die erzeugte Salpetersäure verbindet sich mit dem gleichfalls stets in der Atmosphäre verbreiteten Ammoniak zu salpetersaurem Ammoniak und wird als solches vom Regen aufgelöst dem Erdboden zugeführt. Wenn dieser Prozeß für unsere gemäßigte Zone nur geringe Bedeutung hat, weil hier so selten die Entladungen der Elektricität stattfinden, so wird dagegen in den heißeren Klimaten in Folge des angeführten Prozesses eine nicht unbeträchtliche Menge von Sal-

Bildung und Ansammlung der salpetersauren Salze im Boden.

petersäure in dem Erdboden sich ansammeln müssen, wegen der fast das Jahr hindurch fortdauernden Gewittererscheinungen. Eine wichtigere Quelle für die Salpetersäure scheint aber deren Bildung im Boden selbst zu sein, welche hier unter den geeigneten äußeren Umständen eintreten muß. Es ist durch zahlreiche Versuche bewiesen, daß das Ammoniak durch den Sauerstoff der Atmosphäre bei Gegenwart von stark basischen Stoffen zu Salpetersäure oxydirt werden kann; dieses ist namentlich da der Fall, wo Sauerstoff und Ammoniak im statu nascenti, d. h. in dem Augenblicke, wo sie aus vorher bestehenden Verbindungen sich ausscheiden, frei werden, oder in dem Augenblicke ihrer Entstehung sich gegenseitig treffen; ebenso auch, wenn nur der eine von beiden angeführten Körpern im statu nascenti mit dem anderen schon vorher im freien Zustande vorhandenen in Berührung tritt, immer vorausgesetzt, daß Feuchtigeit, eine hinreichend hohe Temperatur und basische Substanzen zugegen sind. Ferner ist bewiesen, daß der Salpetersäurebildung immer die Ammoniakbildung vorangehen muß; an den Kalkwänden der Ställe, Abtritte, in alten Schutthaufen bemerkt man häufig das Herauswittern von salpetersauren Salzen, in den sogenannten Salpeterplantagen sind feuchte, faulende thierische Substanzen mit Kalk, Asche 2c. aufgeschichtet einem geregelten Zutritt der Atmosphäre ausgesetzt, so daß in dem Augenblicke, wo durch den Faulungsprozeß der Stickstoff der organischen Substanz die Form von Ammoniak annimmt, der atmosphärische Sauerstoff auf das letztere einwirkt, seine Bestandtheile (Stickstoff und Wasserstoff) in Salpetersäure und Wasser verwandelt, welche neu gebildete Körper unter einander sich vereinigen, sofort aber nach ihrem Zusammentreten durch die gleichfalls gegenwärtige basische Substanz zu der Bildung eines salpetersauren Salzes Veranlassung geben. Derselbe Prozeß, welcher in den künstlich eingerichteten Salpeterplantagen stattfindet, muß unter ähnlichen Umständen auch in der Ackerkrume thätig sein; namentlich in den tieferen, von der Luft mehr ausgeschlossenen Schichten faulen die stickstoffhaltigen organischen Humussubstanzen, es wird Ammoniak erzeugt; dieses dringt in Folge seiner Auflöslichkeit in Wasser auch in die oberen Schichten der Ackerkrume ein, hier trifft es mit dem Sauerstoff der Atmosphäre zusammen und oxydirt sich auf Kosten desselben zu Salpetersäure, deren Entstehung durch die gleichfalls fast immer vorhandenen basischen Substanzen begünstigt und bedingt wird. Diese Salpetersäurebildung scheint von der Natur sehr weise zu Gunsten der Vegetation angeordnet zu sein, weil

Vermehrte Salpeterbildung in heißen Ländern.

durch dieselbe der Stickstoff in einem gebundenen Zustande im Boden zurückgehalten wird, während er sonst in weit größerer Menge, als es gegenwärtig schon geschieht, bei dem Austrocknen desselben in der Form von Ammoniak entweichen würde. Der angeführte, der Entwicklung der Vegetation so außerordentlich günstige Prozeß ist aber leider, wenigstens bei weitem zum größeren Theile auf die heißeren Zonen der Erde beschränkt, wo der Mensch durch die glühende Hitze der Sonne gehindert wird, mit derselben Anstrengung und Ausdauer den Boden zu bearbeiten, wie dies dem Bewohner der gemäßigten und kälteren Zonen möglich wird. Es ist bekannt, daß die Salpeterbildung in den Ländern der gemäßigten Zone weit langsamer und weniger energisch von Statten geht, als unter der Einwirkung eines heißeren Klima's; schon seit längerer Zeit hat man zum Theil diesem Verhalten die Ursache der den heißeren Landstrichen eigenthümlichen, oft wunderbar üppigen Vegetation zugeschrieben und mit demselben Prozesse scheint auch die fast nie erschlaffende Fruchtbarkeit einzelner dem Einfluß der tropischen Sonne ausgesetzter Ländereien in Verbindung zu stehen. Hier muß man nämlich annehmen, daß einmal alle Umstände zusammentreten, um die Salpeterbildung zu begünstigen, nämlich in dem Boden selbst enthaltene stickstoffhaltige Stoffe und eine stark alkalische Reaction oder die Gegenwart kohlensaurer Alkalien und kohlensaurer Erden in den geeigneten Mengenverhältnissen; dann aber auch, daß durch besondere Bodenbeschaffenheit die Möglichkeit gegeben werde, den durch die fortgenommenen Ernten ausgezogenen Stickstoff wieder aus anderer Quelle zu ersetzen, als durch den Dünger, welcher thatsächlich nicht durch des Menschen Hand zugeführt wird. Diese Quelle ist nämlich die Luft, in welcher in den heißen Klimaten, wie wir gesehen haben, einmal aus deren eigenen Bestandtheilen unter dem Einfluß der häufigen Gewitter Salpetersäure sich fast fortwährend erzeugt, aber auf der anderen Seite auch eine ungleich größere Menge Ammoniak sich ansammeln muß, als in der die kälteren Landstriche bedeckenden Atmosphäre, weil dort bei der größeren Hitze auch der Faulungs- und Verwesungsprozeß weit rascher von Statten geht. In eben jenen Gegenden ist während der Nacht die Thaubildung weit stärker als bei uns und mit diesem Feuchtigkeitsniederschlage muß natürlich der größte Theil des in der Luft verbreiteten Ammoniaks in Wasser aufgelöst wieder mit dem Boden in Berührung gebracht werden. Wenn nun der Boden steinig, trocken und mager ist, so wird mit der wiederkehrenden Hitze des Tages fast die

ganze Menge des aufgenommenen kohlensauren Ammoniaks wiederum sich verflüchtigen; und wenn er zäh, kalt und undurchlassend ist, so wird nur wenig Feuchtigkeit des Thaues tief in denselben eindringen und das Ammoniak ebenfalls mit dem Wasser sehr bald, bei dem Austrocknen, wieder verdunsten; ist der Boden aber porös, ohne zu lose zu sein, humusreich und tief, und zu gleicher Zeit reich an auflöslichen Alkalien, so sind alle Bedingungen einer schnellen Salpeterbildung gegeben; das Ammoniak wird hier von der porösen Masse stark absorbirt und zurückgehalten, und in derselben so stark condensirt, daß es hierdurch dieselbe Fähigkeit erhält, zu Salpetersäure oxydirt zu werden, wie dasjenige Ammoniak, welches in dem Augenblicke seiner Entstehung aus einer stickstoffhaltigen Substanz mit dem atmosphärischen Stoffe in Berührung tritt. Ist aber der Stickstoff des Ammoniaks einmal als Bestandtheil in die Zusammensetzung eines salpetersauren Salzes eingegangen, so sind Tageshitze und Austrocknen des Bodens keine Ursachen mehr zu seiner Verflüchtigung, er ist in dem Boden selbst fixirt worden, er sammelt sich in Folge desselben Prozesses in immer größerer Menge an und erhöht auf diese Weise die Fruchtbarkeit des Bodens ungemein.

Die salpetersauren Salze sind als solche unfähig zur Ernährung der Pflanze verwendet zu werden, sie müssen vor ihrer Aufnahme in den vegetabilischen Organismus wiederum eine Veränderung erlitten haben. In einigen Pflanzen zwar, wie in dem Borretsch, dem Löffelkraut, der Tabakpflanze u. a. hat man in deren Safte größere oder geringere Mengen von salpetersauren Salzen aufgelöst gefunden; diese sind aber wahrscheinlich nicht unmittelbar aus dem Boden in die Pflanzen übergegangen, denn die letzteren wachsen auch in einer Erde, die keine Spur von jenen Salzen enthält; sie sind vielmehr erst in den Pflanzen selbst gebildet worden in Folge einer ihrem Organismus eigenthümlichen Thätigkeit, und gehören wahrscheinlich ebenso gut zu dem Wesen dieser Gewächse, wie andere ihnen eigenthümliche Gebilde. Die salpetersauren Salze müssen nothwendig vor ihrem Uebergange in die Pflanze eine Veränderung erleiden, denn wo wäre wohl die große Menge der basischen Mineralsubstanz hingekommen, welche doch zu gleicher Zeit mit der Salpetersäure müßte absorbirt worden sein; nur einen verhältnißmäßig kleinen Theil derselben finden wir in der Asche der Pflanze wieder. Es ist wahrscheinlich, daß die ganze Menge des Stickstoffes, welcher zur Erzeugung vegetabilischer Gebilde verwendet wird, einzig und allein in der Form von kohlensaurem Ammoniak aus dem Erdboden oder der

Zersetzung der salpetersauren Salze im Boden.

umgebenden Atmosphäre aufgenommen wird. Es muß daher in der Ackererde ein Prozeß aufzufinden und nachzuweisen sein, durch welchen die Salpetersäure, welche ursprünglich durch Oxydation aus Ammoniak entstanden ist, wiederum umgekehrt durch Reduction in Ammoniak sich verwandelt. Wir wissen aus Versuchen, die in unseren Laboratorien angestellt sind, daß stets, wenn der aus einer Verbindung austretende Wasserstoff oder im Augenblicke seiner Entstehung mit Salpetersäure in Berührung tritt, die letztere mehr oder weniger schnell eine Umwandlung in Ammoniak erleidet, indem durch den sich entwickelnden Wasserstoff der Salpetersäure Sauerstoff entzogen wird, und zu gleicher Zeit der dadurch ausgeschiedene Stickstoff mit einem anderen Theile des Wasserstoffes zu Ammoniak sich verbindet; wir wissen ferner, daß der Fäulungsprozeß eine außerordentlich große reducirende Kraft besitzt, indem z. B. schwefelsaure Salze dadurch in Schwefelmetalle verwandelt werden, um wie viel mehr also muß nicht die so leicht zersetzbare Salpetersäure zerlegt werden können? Diese Zersetzung erfolgt aber auf die Weise, daß in den unteren, von dem Zutritt der Atmosphäre fast vollständig abgeschlossenen Schichten der Ackerkrume die vorhandenen organischen Humussubstanzen der fauligen Gährung unterliegen, bei welcher eine Entwicklung von Wasserstoff- oder Kohlenwasserstoffgas und oft auch von Schwefelwasserstoffgas stattfindet, dieses giebt bei Gegenwart von salpetersauren Salzen zu der Bildung von Ammoniak Anlaß, welches seinerseits mit der gleichfalls in Folge des Fäulnißprozesses im Boden stets vorhandenen Kohlensäure sich vereinigt, und in der Feuchtigkeit des Bodens aufgelöst von den feinen Saugwurzeln der Pflanze aufgenommen wird, während zu gleicher Zeit die aus der Verbindung mit der Salpetersäure ausgeschiedene basische Substanz ebenfalls mit Kohlensäure zu einem kohlensauren Salze zusammentritt.

Alleinige Aufnahme des kohlensauren Ammoniaks durch die Pflanze.

3. Wenn man Mistjauche mit Schwefel- oder Salzsäure sättigt, wenn man das in den Viehställen sich verflüchtigende kohlensaure Ammoniak durch Schwefelsäure auffängt und fixirt, und die so erhaltene Lösung, oder auch käufliches Salmiak und schwefelsaures Ammoniak dem Boden zuführt, so geben wir dem letzteren, wie wir gesehen haben, unter sonst günstigen Umständen die Fähigkeit, eine dem in jenen düngenden Substanzen enthaltenen Ammoniak im Allgemeinen entsprechende Quantität vegetabilischer Stoffe mehr zu erzeugen, als dieses sonst der Fall gewesen wäre. Das Salmiak und das schwefelsaure Ammoniak können aber als solche, ebenso wenig wie die salpetersauren

Salze von der Pflanze aufgenommen und verarbeitet werden, sie müssen ebenfalls erst eine gewisse Umänderung erleiden, ehe sie diese Fähigkeit erlangen. Fast ausschließlich die einzige Form, in welcher das Ammoniak in die Pflanze übergehen kann, ist die Verbindung desselben mit Kohlensäure; die Verbindungen mit Schwefelsäure und Salzsäure können nicht direkt aufgenommen und im Organismus verarbeitet werden, denn wir müßten in dem letzteren Falle offenbar eine dem Stickstoffgehalte entsprechende Menge von Schwefelsäure und Chlor in der Pflanze nachweisen können, da wir doch wohl nicht annehmen können, daß die einmal in den Organismus eingetretene Schwefelsäure oder das Chlor nach ihrer Trennung von dem Ammoniak, in ihrem freien Zustande wiederum durch die Wurzeln oder die Blätter ausgeschieden würden. Die Analyse der vegetabilischen Masse zeigt uns jedoch ganz andere Resultate, wie die folgenden von Boussingault entlehnten Angaben und Berechnungen beweisen. 100 Kil. Getreidegarben (Stroh und Körner) enthalten im Durchschnitt etwa 800 Grm. Stickstoff, und hinterlassen beim Verbrennen 4225 Grm. Asche, in welcher sich 42 Grm. Schwefelsäure und 22 Grm. Chlor vorfinden. Man weiß ferner, daß in den Ammoniaksalzen

100 Theilen Stickstoff entsprechen 283 Theilen Schwefelsäure, und
100 " " " 257 " Chlor.

Wenn nun die 800 Grm. Stickstoff der Pflanzen wirklich z. B. aus dem in Verbindung mit Schwefelsäure aufgenommenen Ammoniak herstammten, so müßte offenbar in derselben Quantität vegetabilischer Substanz die bedeutende Menge von 2264 (8×283) Grm. Schwefelsäure vorhanden sein, während in der Wirklichkeit nur 42 Grm. in derselben zugegen sind, und ebenso bei der Annahme, daß aller Stickstoff durch direkten Uebergang des Salmiaks in die Pflanze gelangt sei, müßten 2056 (8×257) Grm. Chlor anwesend sein, während man doch in der That nur 22 Grm. auffinden und nachweisen kann. Auf den Wiesen verdoppelt sich die Heuernte in Folge des Aufbringens von Salmiak oder schwefelsaurem Ammoniak; man kann also von 100 Kil. des geernteten Heues 50 Kil. der Anwendung des Ammoniaksalzes zuschreiben. 100 Kil. Heu, worin 1500 Grm. Stickstoff enthalten sind, hinterlassen 6500 Grm. Asche. Wenn die Hälfte (750 Grm.) des Stickstoffes in der Form der angeführten Ammoniaksalze in die Pflanzen gelangt wäre, so müßte die Asche enthalten:

2142 Grm. Schwefelsäure bei Anwendung von schwefels. Ammoniak
1928 " Chlor " " " Salmiak.

Durch die chemische Analyse finden wir aber in der Asche nur 169 Grm. Schwefelsäure und 162 Grm. Chlor; und auch die Untersuchung der frischen, unverbrannten Pflanze ergiebt keinen größeren Gehalt an Schwefelsäure oder Chlor. Es bleibt also nur die alleinige Annahme übrig, daß das schwefelsaure und salzsaure Ammoniak vor seinem Uebergange in die Pflanze eine Umwandlung in kohlensaures Ammoniak erleide, und es ist daher jetzt nachzuweisen, durch welche Ursache diese Umwandlung bewirkt werde.

Umwandlung des schwefelsauren und salzsauren Ammoniaks in kohlensaures.

Wenn man Gips, d. h. schwefelsauren Kalk mit vielem Wasser zu einer klaren Auflösung bringt und zu dieser Flüssigkeit eine Auflösung von kohlensaurem Ammoniak hinzusetzt, so bildet sich in der vorher klaren Flüssigkeit ein weißer, pulverförmiger Niederschlag, es scheidet sich in Wasser unlösliche kohlensaure Kalkerde aus und in der Flüssigkeit bleibt schwefelsaures Ammoniak aufgelöst zurück. Diese Zersetzung und Ausscheidung erfolgt nach dem allgemeinen chemischen Gesetze, daß, wo aus zwei Auflösungen eine neue unlösliche Verbindung in Folge der Gegenwart der dazu nöthigen Bestandtheile sich bilden kann, diese wirklich entsteht und aus der Berührung mit den übrigen in der Auflösung enthaltenen Stoffen austritt, auch wenn sonstige Verwandtschaftsverhältnisse der einzelnen Körper der Bildung jener unlöslichen Verbindung entgegen treten sollten. Auf der anderen Seite existirt aber noch ein anderes chemisches Gesetz, welches folgendermaßen lautet: Wenn zwei Verbindungen mit einander in Berührung treten und aus ihnen ein neuer gasförmiger oder sehr flüchtiger Körper sich erzeugen kann, so bildet sich dieser wirklich, wenn die erforderlichen äußeren Umstände vorhanden sind, auch wenn sonstige Verwandtschaftsverhältnisse der Elemente der Entstehung jener neuen Verbindung entgegenwirken. Dieses letztere chemische Gesetz findet nun auf unseren Fall seine Anwendung. Wenn man nämlich schwefelsaures Ammoniak und fein gepulverte Kreide oder kohlensauren Kalk trocken mit einander mengt, so bemerkt man keine Spur von einer gegenseitigen Zersetzung; so bald man aber das Gemenge etwas anfeuchtet oder angefeuchteten Sand hinzumischt, so daß ein Gemenge von der Beschaffenheit einer lockeren, hinreichend feuchten Ackererde entsteht, so werden sich augenblicklich Dämpfe des so außerordentlich flüchtigen kohlensauren Ammoniaks entwickeln, erkennbar an ihrer Einwirkung auf das geröthete Lackmuspapier und an ihrem Geruche; verdünnt man aber jetzt die Masse, so hört augenblicklich alle Ammoniakentwicklung auf. Das noch nicht verflüchtigte Ammoniak

löst sich in der nun vorhandenen Flüssigkeit und wirkt auf den schon gebildeten schwefelsauren Kalk, um nach dem zuerst angedeuteten Gesetze kohlensauren Kalk und schwefelsaures Ammoniak wieder herzustellen. Wird endlich dieses wässerige Gemenge der Luft ausgesetzt, so liefert es in dem Grade, wie das Wasser verdunstet, von Neuem ammoniakalische Dämpfe, und dies dauert so lange fort, bis die Masse vollständig trocken geworden ist. Wenn man ein solches Gemenge stets angemessen feucht erhält, so kann man bei einer Temperatur von 20° bis 26° in zwei bis drei Tagen den größten Theil des schwefelsauren Ammoniaks verschwinden machen, und eine Menge schwefelsauren Kalk entstehen lassen, die dem Fortschritte der Zersetzung entspricht. Ganz ebenso wie das schwefelsaure Ammoniak verhalten sich auch andere Ammoniaksalze, wie Salmiak, phosphorsaures und oxalsaures Ammoniak, wenn sie unter gleichen Umständen der Berührung mit kohlensaurer Kalkerde ausgesetzt werden. Da nun die fruchtbare Ackererde unter ihren Bestandtheilen eine größere oder geringere Menge von kohlensaurer Kalkerde und Magnesia enthält, so ist der oben als nothwendig befundene allmälige Uebergang der verschiedenen Ammoniaksalze in kohlensaures Ammoniak nicht mehr räthselhaft, sondern erklärt sich vielmehr auf eine ganz einfache und natürliche Weise.

4. Ich kehre nun zu der Betrachtung der gewöhnlichen Düngstoffe und namentlich der Wirkungsart des Hof- oder Stalldüngers zurück. Es wird zunächst die Frage zu lösen sein, ob die stickstofffreien organischen Bestandtheile des Düngers, namentlich die sogenannte Holzfaser, welche bei weitem den größten Theil in dem Hauptdünger ausmacht, — einen wesentlichen direkten oder indirekten Einfluß ausüben auf die Erzeugung neuer vegetabilischer Masse in der lebenden Pflanze, und wenn ein solcher günstiger Einfluß stattfindet, auf welchen Ursachen er beruht, und bis zu welcher Höhe er sich erheben kann. Wir haben schon im Vorhergehenden nachgewiesen, daß die Anwendung reiner Ammoniak- und salpetersaurer Salze stets mit einem sehr bedeutenden Verlust an Stickstoff verbunden ist. Ob aus dem Hof- und Stalldünger, bei der langsamen Vermoderung und Verwesung der in ihm enthaltenen Holzfaser, auch der ebenso langsam freiwerdende Stickstoff vollständig von der Pflanze assimilirt werde, mag die folgende Rechnung zeigen. Bei gewöhnlicher Düngung bringen wir alle 3 Jahre auf 1 Hectare 36,000 Kil. feuchten Düngers, welche getrocknet und wasserfrei ungefähr 7500 Kil. wiegen und etwa 2 Proc. oder 150 Kil. Stickstoff enthalten, von denen also jährlich 50 Kil. zur Ver-

Bedeutung der stickstofffreien Bestandtheile des Düngers.

wendung gelangen könnten, welche ausreichen, um etwa 5000 Kil. Heu oder Getreide (Stroh und Körner zusammengenommen) mit dem erforderlichen Stickstoffe zu versorgen. Eine starke und reichliche Ernte kann für 1 Hectare wohl 7- bis 8000 Kil. vegetabilischer Substanz liefern und es würden auf diese Weise also, ohne Zusatz von Dünger, nur 2- bis 3000 Kil. erzeugt worden sein, welche dann ihren Stickstoff entweder in dem Boden noch vorgefunden oder aus der Luft absorbirt haben müßten. Man kann jedoch, der Erfahrung zufolge, im Allgemeinen und unter den üblichen Culturverhältnissen, abgesehen von dem Anbau solcher Früchte, welche den zu assimilirenden Stickstoff fast ausschließlich dem atmosphärischen Ammoniak entziehen, den Ertrag von einer bestimmten Fläche durch eine gewöhnliche Düngung wohl nur ungefähr um das Doppelte erhöhen, so daß dann bei der allmäligen Verwesung des Hofdüngers immer noch ein Theil des frei gewordenen Ammoniaks sich würde verflüchtigt haben, welches in der Praxis selbst wohl niemals wird vermieden werden können. Jedenfalls aber geht aus der mitgetheilten Berechnung hervor, daß die Menge des unbenutzt verloren gegangenen Stickstoffes bei dem Hofdünger nur verhältnißmäßig unbedeutend sein kann, wenn nicht besondere Nachlässigkeiten in der Bereitung und Aufbringung des Düngers, in der Bestellung des Ackers oder sehr ungünstige Witterungsverhältnisse einen größeren Verlust bewirkt haben. Es ergiebt sich nun, daß die stickstofffreien organischen Bestandtheile des Düngers in so fern einen günstigen Einfluß auf die Vegetation ausüben, als sie den wichtigsten Hebel derselben, den Stickstoff zurückhalten und denselben mit ihrer eigenen Zersetzung langsam aber fortwährend und regelmäßig der sich entwickelnden Pflanze darbieten; sie verhindern zugleich, daß auf einmal eine zu große Menge von kohlensaurem Ammoniak im Boden sich erzeuge, welche nicht in gleichem Grade von der Pflanze verarbeitet werden kann und also bei trockner Witterung sich verflüchtigen und in der atmosphärischen Luft sich verbreiten muß.

Fortsetzung des Verhaltens stickstofffreier organischer Substanzen des Düngers.

Eine andere Ursache der von uns anerkannten wohlthätigen Wirkung organischer, stickstofffreier Substanzen im Boden, habe ich bereits oben ausgesprochen bei der Theorie der Salpeterbildung im Boden und der Bedeutung der salpetersauren Salze für die Ernährung der Pflanze. Es geht nämlich aus dem dort Gesagten hervor, daß der Salpeter weder im Boden sich erzeugen und also der Stickstoff überhaupt in demselben auf natürlichem Wege sich anhäufen und fixiren kann, noch daß auch die direkt zugeführten salpetersauren Salze überhaupt die durchaus

nöthige Umwandlung in Ammoniak erleiden können, wenn nicht humose organische Körper vorhanden sind, deren poröse Beschaffenheit auf der einen Seite die Absorption des in der Atmosphäre verbreiteten Ammoniaks bewirken, und welche auf der anderen Seite in Folge der Faulung und Verwesung, welcher sie selbst unterliegen, den Uebergang der Salpetersäure in Ammoniak vermitteln. Nicht wenig ferner scheint die Verwesung der vegetabilischen Faser die Wärme des Bodens auf höchst wohlthätige und das Wachsthum der Pflanzen wesentlich befördernde Weise zu erhöhen; bei dem Prozesse der Faulung wird, wie bei jeder chemischen Zersetzung und Verbindung Wärme frei, welche sich dem Boden selbst mittheilt und hier je nach der Zusammensetzung desselben mehr oder weniger lange zurückgehalten wird, eine Thatsache, von der man sich leicht überzeugen kann, wenn man mittelst eines Thermometers die Temperatur eines reinen Kieselsandes vergleicht mit derjenigen eines Sandes, dem man faulende organische Stoffe beigemengt hat. Die aus den faulenden Substanzen fortwährend sich bildende Kohlensäure ist nothwendig, um gewisse an sich unlösliche erdige Körper, wie die kohlensauren und phosphorsauren Erden löslich zu machen und den Pflanzen zuzuführen; je mehr freie Kohlensäure in dem Boden sich vorfindet, desto mehr von jenen Substanzen wird aufgelöst und kann von der Pflanze absorbirt werden, und in um so größerer Menge das letztere geschieht, desto schneller wird auch die organische Masse selbst erzeugt, wenn nur die hierzu erforderliche Quantität an Stickstoff gleichzeitig disponibel ist, und um so üppiger ist das Gedeihen der Pflanze überhaupt. Ich verweise endlich in Betreff des hier in Rede stehenden Punktes, nämlich hinsichtlich der Feststellung der Bedeutung humusartiger oder organisch-stickstofffreier Körper für das Gedeihen der Pflanzen überhaupt, auf das in verschiedenen Kapiteln der Bodenkunde bereits ausführlich Gesagte und glaube damit meine Ansicht, daß die stickstofffreien Bestandtheile des Düngers auch einen nicht unbedeutenden Nutzen gewähren, hinlänglich begründet zu haben, ohne jedoch dem Humus eine direkte Ernährungsfähigkeit zuzugestehen und ohne auch der aus den verwesenden Bestandtheilen des Bodens in die Pflanze übergehenden Kohlensäure für die unmittelbare Ernährung der Pflanzen eine besonders wichtige Rolle beizulegen. Die vorher angeführten Versuche mit Zucker und Stärke u. s. w., durch welche das indifferente Verhalten dieser stickstofffreien Substanzen nachgewiesen wurde, bestätigen auf's Neue die Thatsache, daß stets und unter allen Umständen

in der Atmosphäre soviel Kohlensäure vorhanden ist, daß die Pflanze auch in ihrer üppigsten Entwicklung aus der sie umgebenden Luft vollständig mit diesem Nahrungsmittel versorgt werden kann.

Bemerkungen über die Bedeutung der im Dünger enthaltenen Mineralstoffe.

5. Daß gewisse Mineralstoffe, unorganische Verbindungen für das Gedeihen der Pflanzen unentbehrlich sind, davon haben wir uns bereits mehrfach überzeugt; auf welche Weise diese Salze direkt als Düngmittel angewendet, mehr oder weniger günstig auf die Vegetation einwirken, darüber sind im Vorhergehenden die Resultate mehrfacher Versuche mitgetheilt worden. Aus den letzteren entnehmen wir, daß diese Mineralstoffe eine zwiefache Wirkung äußern, sowohl als direktes Nahrungsmittel, als auch durch ihr Lösungsvermögen gegen andere im Boden schon enthaltene pflanzenernährende Substanzen. Wenn nun jährlich von 1 Hectare ungefähr 300 Kil. auflöslicher Salze dem Boden entzogen werden, so ist es natürlich, daß der Gehalt der Ackererde an diesen Bestandtheilen von Jahr zu Jahr abnehmen muß, wenn nicht aus dem unter dem Einfluß der Atmosphäre fortwährend verwitternden Boden, aus dessen eigenen Bestandtheilen immer auf's Neue eine gleich große Menge von Mineralstoffen auflöslich wird; aber selbst diese Quelle ist natürlich nicht unerschöpflich, sie muß von Jahr zu Jahr immer schwächer werden und endlich beinahe ganz versiegen. Es ist daher nothwendig, daß dem Acker nicht allein organische stickstofffreie und stickstoffhaltige Stoffe zugeführt werden, man muß ihn auch von Zeit zu Zeit mit mineralischen pflanzenernährenden Substanzen versorgen, wenn er Jahr aus Jahr ein die möglichst größten Erträge liefern soll; und dieses geschieht ebenfalls durch den Hof- oder Stalldünger, welcher, wie wir oben gezeigt haben, allein schon so viele mineralische Bestandtheile enthält, daß diese ausreichen, die zu erzielenden Pflanzen mit dieser Art von Nahrung zu versorgen, während zu gleicher Zeit aus dem Boden selbst, allerdings in sehr verschiedener Menge, je nach seiner Beschaffenheit, stets auch mineralische Salze frei werden und in den auflöslichen Zustand übergehen, ja selbst durch den Regen und den Schnee das Erdreich mit dergleichen Substanzen bereichert wird. Ich halte die Aschenbestandtheile des Düngers gleichsam für eine sehr brauchbare und schätzenswerthe Zugabe, durch welche offenbar die sonstigen wirksamen in dem Dünger enthaltenen Stoffe um so kräftiger und intensiver das Gedeihen der Pflanzen zu fördern in den Stand gesetzt werden; ich sehe aber keineswegs die anerkannte Wirksamkeit des Düngers allein in seinen mineralischen Bestandtheilen begründet und somit in den

letzteren das Heil der Landwirthschaft selbst, sondern betrachte im Gegentheil diese Stoffe als weniger wichtig und weniger wirksam als den Gehalt des Düngers an einer möglichst großen Quantität stickstoffhaltiger Körper. Ich weiß freilich, daß die Wiesen jährlich eine sehr bedeutende Menge vegetabilischer Substanz liefern, in welchen auf der Fläche eines Hectare 40 bis 50 Kil. Stickstoff und darüber enthalten sein kann, und daß dieser Stickstoff in der Regel nicht durch Zufuhr von Dünger dem Wiesenboden ersetzt wird; ich weiß aber auch, daß das Wasser, durch welches die Wiesen auf natürlichem oder künstlichem Wege befeuchtet werden, den hier sich entwickelnden Pflanzen nicht allein direkt auflösliche Mineralsubstanzen zuführt und die Lösung derselben im Boden vermittelt, sondern daß ganz dasselbe auch in Betreff des Stickstoffes oder Ammoniaks geschieht, auch dieses sammelt sich mit Hülfe des Wassers im Boden an und bewirkt, je nachdem es in größerer oder geringerer Menge zugegen ist, ein mehr oder weniger üppiges Gedeihen der Pflanzen. Die größere Feuchtigkeit, welcher die Wiesenflächen im Vergleich zum Ackerlande stets ausgesetzt sind, bewirkt zunächst (bei sonst nicht zu ungünstiger Bodenbeschaffenheit) eine größere Porosität des Bodens durch die mechanische Ausdehnung des Wassers, und die Ansammlung einer größeren Menge von fein zertheiltem Humus; hierdurch aber wird der Wiesenboden auch weit geeigneter das durch Flußwasser, Regen, Schnee und Thaubildung herbeigeführte kohlensaure Ammoniak mit größerer Kraft zurückzuhalten, als dies bei dem trockneren Acker der Fall ist; die in dem Wiesenboden fast stets vorhandene Feuchtigkeit enthält auch eine entsprechende Menge von Ammoniak in sich aufgelöst; verschwindet diese Feuchtigkeit und damit auch das in ihr aufgelöst gewesene Ammoniak, so geräth die Vegetation auf der Wiese ebenso gut ins Stocken, wie auf dem Acker, ja in der Regel sogar dort auf eine noch auffallendere Weise, wie hier. Es erklärt sich also die nie aufhörende Fruchtbarkeit hinreichend feuchter Wiesen vollkommen aus dem Gesagten, und ich finde in eben demselben die Ursache, weswegen wir dem Acker Stickstoff fortwährend zuführen müssen, während er auf die Wiese in hinreichender Quantität aus der Atmosphäre niedergeschlagen und hier namentlich mittelst der vorhandenen Feuchtigkeit zurückgehalten wird, dagegen er aus der Ackerkrume mit dem Wasser sehr bald wiederum verdunstet.

Ernährung der Wiesenpflanzen durch das atmosphärische Ammoniak.

Ich habe oben auf eine andere Wirkungsart der Mineralstoffe aufmerksam gemacht, die allen auflöslichen Salzen wenn auch in sehr ver-

Fortsetzung der Wirkungsart der Mineralst. im Dünger.

schiedenem Grade zuzukommen scheint, vor allen aber dem Kochsalze auf auffallende Weise eigenthümlich ist. Dieses Verhalten betrifft die Eigenschaft der Salze, auf die schon im Boden vorhandenen nahrhaften, besonders wahrscheinlich auf die stickstoffhaltigen Stoffe auf die Art einzuwirken, daß diese in einen für das Gedeihen der Pflanzen wohlthätigen und auflöslichen Zustand versetzt werden. Da ich bereits im Vorhergehenden über diese Wirkungsart der auflöslichen Salze gesprochen habe, und mit Rücksicht darauf, daß in dem gewöhnlichen Dünger niemals so bedeutende Quantitäten solcher Mineralsubstanzen zugegen sind, so daß selbst die menschlichen Excremente, welchen doch der größte Gehalt an Chlornatrium in Folge der sehr salzreichen Speisen der Menschen zukommen muß, in dieser Hinsicht wohl kaum eine sehr bemerkbare Wirksamkeit entwickeln können, — so kann ich mich hier auf einige wenige nachträgliche Bemerkungen über den erwähnten Gegenstand beschränken. Wenn die hier angedeutete Ursache der durch mehrfache Versuche bereits als Thatsache festgestellten Wirkung der Mineralsalze durch fernere Beobachtungen sich bestätigen sollte, so würde der hierbei stattfindende Prozeß allerdings eine Aussaugung des Bodens, eine Verminderung der demselben eigenthümlichen oder natürlichen Fruchtbarkeit bewirken, durch welche Verminderung die nachfolgenden Früchte zum Vortheil einer einzelnen, in ihrem Ertrage sich schlechter herausstellten, indem der in dem Boden enthaltene Stickstoff in dem größten Theile seiner überhaupt disponiblen Quantität für die erste Frucht schon verwendet würde. Ob und in wie fern etwas Wahres hierin liegt, muß erst durch mehrere Jahre hindurch auf einem und demselben Boden angestellte Versuche ergründet werden. Indessen könnte man sich gar wohl als möglich denken, daß in Folge der Einwirkung von Salzen eine gewisse Quantität Stickstoff für die Pflanze ernährende Kraft erhielte, welche Quantität unter den gewöhnlichen Umständen entweder durch Verflüchtigung unbenutzt verloren ginge, oder weil dieselbe in einem zu stark gebundenen Zustande zurückgehalten, also überhaupt erst durch jenen Prozeß für die Vegetation verwendbar würde. In dem letzteren Falle würde dann allerdings für die nachfolgenden Früchte keine schädliche Nachwirkung, sondern im Gegentheil in dem Fortdauern des hier angedeuteten Prozesses auch für die späteren Ernten ein Mehrertrag sich herausstellen. Die zuletzt ausgesprochene Ansicht halte ich für die richtigere, und zwar aus dem Grunde, weil durch analytische Untersuchungen bewiesen worden ist, daß alle Bodenarten, selbst nachdem sie

unter den gewöhnlichen Verhältnissen in einem vollkommen ausgesogenen Zustande sich befinden, so daß ihnen nach den zuletzt erhaltenen Ernteergebnissen der Charakter fast vollkommner Unfruchtbarkeit beigelegt werden muß, dessen ungeachtet noch eine sehr bedeutende Menge chemisch gebundenen Stickstoffes enthalten, welche auf die Fläche eines Hectare und eine Tiefe der Ackerkrume von 0,25 Meter berechnet, bis auf die außerordentliche Höhe von 4000 bis 6000 Kil. sich erheben kann und also ausreichen würde, um 80 bis 120 aufeinanderfolgende Ernten mit dem nöthigen Stickstoff zu versorgen. In diesem Falle könnte man daher durch die hier in Rede stehenden oder ihnen in der Wirkung ähnliche Mittel unter sonst günstigen Verhältnissen von einem scheinbar ganz entkräfteten Boden noch eine lange Reihe von sehr reichlichen Ernten sich verschaffen. Bis wir aber diese Frage genügend zu lösen im Stande sein werden, wollen wir einem jeden praktischen Landwirthe den Rath ertheilen, auf die Ansammlung und Bereitung des Hof- und Stalldüngers die größte Sorgfalt zu verwenden, denn aus den Gründen, welche wir zum Theil der hier versuchten Theorie des Düngers im Allgemeinen zu entnehmen wohl berechtigt sind, zum Theil aber auch in einem späteren Abschnitte dieses Werkes weiter auseinander zu setzen die Gelegenheit haben werden, halten wir, mit allen Praktikern, die animalischen Excremente für das anerkannt beste und zugleich billigste Mittel, die pflanzennährende Kraft der Felder zu erhalten und zu vermehren, und ein Jahr wie das andere lohnende Erträge von denselben zu erzielen.

B. Der Bei- oder Nebendünger.

Bezeichnung und Art des Bei- oder Nebendüngers.

Wenn wir dem Hof- und Stallmist den Charakter des Hauptdüngers beigelegt und als solchen vertheidigt haben, so wollen wir aber auch keineswegs diejenigen Substanzen außer Acht lassen, welche uns durch die Natur selbst oder mit Hülfe menschlicher Erfindungsgabe und Geschicklichkeit dargeboten werden, um theils die Wirkung jenes Hauptdüngers zu erhöhen, zum Theil auch ihn selbst unter besonderen Verhältnissen förmlich zu ersetzen. Ich werde in diesem Kapitel die Zusammensetzung der betreffenden Stoffe, sowie die Art und die Ursache ihrer Wirkung zu behandeln haben, und zunächst absehen

von ihrer besonderen Anwendung, Behandlung und den pecuniären Vortheilen und Nachtheilen, welche dieselben im Vergleich mit dem Hauptdünger der praktischen Landwirthschaft zu gewähren im Stande sind. Man legt diesen Substanzen gewöhnlich den unrichtigen Namen der künstlichen Düngmittel bei, unrichtig, weil sie nur zum kleineren Theile wirklich durch Kunst bereitet werden, im Gegentheil gerade meistens schon fertig gebildet in der Natur vorkommen oder doch nur durch die Hand des Menschen eine geringfügige Umwandlung erlitten haben. Ich habe zu deren Bezeichnung daher den zweckmäßigeren Namen der Bei- oder Nebendünger gewählt, als Mittel, die Wirkung des Hauptdüngers zu unterstützen. Der leichteren Uebersicht wegen bringe ich jene Stoffe in zwei Abtheilungen, indem ich zuerst diejenigen betrachte, deren Bestandtheile wenigstens zum größten Theile als direkte Nahrungsmittel der Pflanzen in die Zusammensetzung der neu sich bildenden vegetabilischen Masse eingehen, und sodann die Zusammensetzung und Wirkungsart derjenigen Mittel bezeichne, welche bei ihrer Anwendung hauptsächlich dazu dienen sollen, um die physikalische Beschaffenheit des Bodens zu verbessern oder die schon vorhandenen Nahrungsstoffe in einen auflöslichen, für die Pflanzen assimilirbaren Zustand überzuführen. Von beiden Arten der düngenden Substanzen werde ich nur die gewöhnlichsten und in ihrer Anwendung besonders verbreiteten der Beachtung für werth halten, indem die selteneren und nur in geringeren Quantitäten überhaupt disponiblen auch nur unter ganz besonderen Umständen und Verhältnissen wirklich für die Praxis eine Bedeutung erlangen können.

a. Beidünger, welche direkt pflanzenernährende Kraft besitzen.

1. Das Knochenmehl.

Bestandtheile des Knochenmehles.

Die Knochen enthalten vorzugsweise 4 Bestandtheile, welche innig mit einander gemengt sind, nämlich zwei der Mineralwelt angehörende, also feuerfeste Verbindungen, den phosphorsauren und den kohlensauren Kalk, und zwei organische Stoffe, von denen wiederum der eine ein sehr stickstoffhaltiger Körper, der thierische Leim oder die Gallerte ist, der andere dagegen stickstofffrei und mit dem Namen des thierischen Fettes bezeichnet wird. Die zerstampften Knochen oder das Knochenmehl findet als Düngmittel in England und Frankreich und in neuerer Zeit

auch in einigen Theilen Deutschlands eine so bedeutende und ausgebreitete Anwendung, daß wir die Wirkungsart desselben auch hier, zunächst vom theoretischen Standpunkte aus, einer kurzen Betrachtung unterwerfen müssen. Man hat die Beobachtung gemacht, daß die Knochen bei ihrer Anwendung nicht stets und unter allen Umständen eine so überaus günstige Wirkung auf die Vegetation äußern, wie man nach den gewöhnlichen Erfahrungen wohl hätte voraussetzen können. Die Ursache dieser Erscheinung kann sowohl eine mehr allgemeine sein, als eine besondere; eine allgemeine, insofern überhaupt die Witterungsverhältnisse des Jahres für die Zersetzung der Knochen ungünstig waren, mit anhaltender Trockenheit hört die Wirkung aller derjenigen Substanzen vollständig auf, welche nicht bereits auflöslich sind, sondern unter dem Einfluß von Feuchtigkeit, Wärme und den Bestandtheilen der atmosphärischen Luft erst in diesen Zustand übergeführt werden sollen. Die Ursache des zuweilen beobachteten Indifferentismus der Knochen gegen das Wachsthum der Pflanzen kann aber auch eine mehr besondere sein, und dann theils in ungünstigen Bodenverhältnissen liegen, theils aber auch zu der chemischen Zusammensetzung der angewendeten Knochen selbst in naher Beziehung stehen. In einem warmen thätigen Lehmboden wird das Knochenmehl allerdings, wie alle Düngmittel, auch eine dem Wachsthum der Pflanzen selbst angemessene Zersetzung erleiden und somit die beste Wirkung zeigen, dagegen wird die letztere in einem zähen verschlossenen Thonboden sehr vermindert, nicht selten sogar gleich Null sein; auch kann die Wirkung des Knochenmehls in dem Falle geringer sich herausstellen, wenn vielleicht im Boden selbst schon beträchtliche Mengen von phosphorsauren Verbindungen enthalten sind. Ganz besonders aber ist die Zusammensetzung der Knochen selbst die Ursache einer größeren oder geringeren Wirkung derselben. Es ist zunächst von der größten Bedeutung für den Erfolg, ob die Knochen im noch unzersetzten frischen Zustande, oder in einem Grade der Verwitterung angewendet werden, welche letztere die Zusammensetzung derjenigen der weiß gebrannten Knochen oder der Knochenasche ähnlich macht, indem dadurch, daß die Knochen längere Zeit dem Einfluß der Luft ausgesetzt waren, nach und nach die ganze Menge oder doch der größere Theil der organischen stickstoffhaltigen Substanz, der thierischen Gallerte, verschwunden ist, und also fast nur die erdigen Substanzen, der phosphorsaure und der kohlensaure Kalk zurückbleiben. Wir brauchen nur auf die so eben entwickelte allgemeine Theorie des Düngers zu verweisen,

Ursache des zuweilen indifferenten Verhaltens des Knochenmehles.

um zu begreifen, daß frische Knochen, welche in 100 Theilen etwa 5 bis 6 Proc. Stickstoff und etwa 33 Proc. organischer Substanz überhaupt enthalten, in Folge dieses bedeutenden Stickstoffgehaltes eine ungleich größere Wirkung ausüben müssen, als alte verwitterte Knochen, in welchen nur etwa 2 bis 3 Proc. oder noch weniger Stickstoff übrig geblieben ist. Folgende zwei im Handel vorgekommene und von mir der analytischen Untersuchung unterworfene Proben von Knochenmehl mögen hier als Beispiele dienen, wie sehr dieses Düngmittel in der Zusammensetzung variirt:

	1.	2.
Phosphorsaurer Kalk	54,88	47,59
Kohlensaurer Kalk	8,18	6,75
Organische stickstoffhaltige Substanz .	14,66	31,92
Wasser	10,80	5,26
Sand, Ziegelmehl 2c.	11,48	8,48
	100,00	100,00

Abgesehen von den zufälligen völlig unwirksamen Beimengungen von Sand und Feuchtigkeit, welche bei Nr. 1 22,28 Proc., bei Nr. 2 nur 13,74 Proc. ausmachten, enthält die erstere Probe nur kaum die Hälfte der stickstoffhaltigen organischen Substanz der zweiten; die erstere Sorte war aus sehr verwitterten Knochen, die zweite dagegen aus völlig frischen bereitet worden. Die Wirksamkeit dieser Sorten war auch in der That bei deren Anwendung, meiner Beobachtung zufolge, eine sehr verschiedene; während die Aufbringung von etwa 600 Kil. der ersteren Sorte auf ein Hectare noch nicht den Ertrag einer gewöhnlichen mittelmäßigen Düngung mit Stalldünger lieferte, sondern in seiner Wirkung auf die Production von Gerste sich zu dem letzteren nur wie 95 zu 100 verhielt, hatte eine gleich große Quantität der zweiten Probe einen Erfolg, welcher den der Mistdüngung um ein Bedeutendes übertraf. Es scheint aber noch eine andere Ursache der zuweilen abweichenden Wirkung, selbst der vollkommen frischen Knochen vorhanden zu sein. Diese liegt in dem Gehalte der Knochen an Fettsubstanzen, deren Menge bis auf 10 Proc. des ganzen Gewichtes der Knochen steigen kann; das Fett nämlich, welches das ganze Knochengewebe durchdringt, giebt in Berührung mit dem kohlensauren Kalke der Knochen zu der Entstehung einer Kalkseife Veranlassung, welche Verbindung als ein unlöslicher, sehr schwierig und langsam der Fäulniß unterliegender Körper nun die übrige

organische und unorganische Substanz einhüllt und auch diese zum großen Theile vor einer raschen Verwesung schützt, wodurch wenigstens die augenblickliche oder baldige Wirkung des Knochenmehles überhaupt sehr gehindert werden muß. So hat man bemerkt, daß fetthaltige Knochen, nachdem sie 4 Jahre lang in der Erde gelegen hatten, nur 8 Proc. an Gewicht verloren hatten, während solche Knochen, denen vorher das Fett durch Auskochen mit Wasser entzogen worden war, in derselben Zeit und unter denselben Umständen einen Gewichtsverlust von 25 bis 30 Proc. erlitten. Für den Landwirth werden daher die Knochen keinen geringeren Werth haben, welche an sich schon magerer Natur sind, oder die von ihrem Fettgehalte durch Auskochen befreit wurden; das Fett selbst ist als ein stickstofffreier organischer Körper durchaus ohne allen direkten Nutzen für die Entwicklung der Pflanze, wie auch durch die oben angeführten Versuche mit Rüböl bewiesen wird. Durch das Auskochen mit Wasser wird freilich stets auch eine größere oder geringere Menge des thierischen Leimes den Knochen entzogen, wodurch diese allerdings an Düngwerth verlieren; dieser Nachtheil wird aber in der Regel dadurch wieder ersetzt, daß nach jener Operation die Knochen sich leichter und weit feiner pulvern lassen, als vorher, so daß jetzt die Vertheilung über den Acker gleichmäßiger bewerkstelligt werden kann und außerdem die Wirkung des Düngmittels eine schnellere geworden ist.

Werth und Bedeutung der Phosphorsäure für die Cultur.

Es verdient hier, wo wir von einem Düngmittel sprechen, welches außerordentlich reich an Phosphorsäure ist, ein anderer wichtiger Punkt eine nähere Erörterung. Es ist schon im Verlaufe dieser Ausarbeitung mehrmals und namentlich in der Lehre von der Ernährung der Pflanze davon die Rede gewesen, daß die Pflanze bei Abwesenheit von einer gewissen Menge an Phosphorsäure im Boden nicht zur Entwickelung, wenigstens nicht zur Samenbildung gelangen könne. Alle Theile der Pflanzen nehmen eine größere oder geringere Menge Phosphorsäure in ihr Gewebe auf, sie findet sich in der Asche wieder, entweder an Kalkerde oder wie in der Samenasche an Kali gebunden. Die Menge der Phosphorsäure, welche jährlich durch eine Ernte dem Boden entzogen wird, scheint mit dem Stickstoffgehalte der gewonnenen vegetabilischen Masse in gewisser Beziehung zu stehen; sie beträgt z. B. bei der Weizenpflanze ungefähr 30, bei der Gerstenpflanze etwa 25 Kil., bei dem Hafer und dem Roggen noch etwas weniger; im Ganzen kann man annehmen, daß im Durchschnitt jährlich durch die Ernten höchstens etwa 25 Kil. Phosphorsäure dem Erdboden entführt werden. Da nun die an Phosphorsäure besonders

reichen Körner der angebauten Früchte zum großen Theil durch Verkauf der Wirthschaft selbst entzogen werden, und außerdem vielleicht mit dem Verkauf von Vieh in deren Knochen und Fleisch ebenfalls eine nicht unbedeutende Menge von Phosphorsäure ausgeführt wird, so könnte man glauben, daß hierdurch der Acker an einer für die Entwickelung der Pflanze so überaus wichtigen Substanz nach und nach erschöpft würde und durch den auf dem Gute selbst erzeugten Dünger nicht hinlänglichen Ersatz für jenen Verlust erhielte, also mit einem Worte an Kraft und Fruchtbarkeit stets verlieren müßte, wenn nicht eine künstliche Zufuhr von Phosphorsäure diesen Nachtheil wiederum ausgliche. In der That war man lange geneigt, die aus der Erfahrung sich ergebende günstige Einwirkung des Knochenmehls auf das Gedeihen der Pflanze, wenigstens zum großen Theile, wenn nicht allein, dem bedeutenden Gehalte desselben an der erwähnten Substanz zuzuschreiben, und auch noch gegenwärtig huldigen nicht Wenige dieser Ansicht. Betrachten wir nun, um die aufgeworfene Frage näher zu beleuchten und wo möglich ihrer Lösung entgegen zu führen, zunächst die Zusammensetzung der Asche des Düngers.

Man kann nach den früher angeführten Analysen annehmen, daß der Stall- oder Hofdünger im getrockneten, wasserfreien Zustande beim Verbrennen etwa 30 Proc. Asche hinterläßt und daß in dieser Asche im Mittel fast 5 Proc. Phosphorsäure enthalten sind. Da nun in einer geordneten Wirthschaft alle drei Jahre eine Mistdüngung von etwa 9000 Kilogr., auf trockene Substanz berechnet, stattfindet, so würden also damit 2700 Kilogr. mineralischer Stoffe und unter denselben 135 Kilogr. Phosphorsäure dem Acker zugeführt werden. Es muß also, trotzdem, daß alle 3 Jahre etwa 90 Kilogr. Phosphorsäure mit den Ernten dem Acker entnommen werden, bei Anwendung einer nur einigermaßen kräftigen Mistdüngung der Acker an dieser Substanz, anstatt erschöpft, sogar bereichert werden. Wenn man nun ferner bedenkt, daß ein reicher Niederungsboden, den Analysen zufolge, eine so bedeutende Menge an Phosphorsäure enthält, daß deren Menge, auf 1 Hectare Oberfläche und 0,25 Meter Tiefe berechnet, über 3000 Kil. beträgt, und selbst ein magerer Sandboden auf derselben Fläche noch etwa 200 Kil. enthalten kann, von denen doch unter dem verwitternden Einfluß der Atmosphäre offenbar auch ein größerer oder geringerer Theil in den auflöslichen und also für die Pflanze assimilirbaren Zustand jährlich übergeführt wird, so sieht man gar leicht ein,

daß unter den gewöhnlichen Umständen selbst für die üppigste Vegetation der Boden an Phosphorsäure keinen Mangel erleiden kann. Jener Mehrgehalt aber an Phosphorsäure, welchen der Dünger zeigt, ungeachtet ein großer Theil der Körner dem Gute selbst durch Verkauf entzogen wird, rührt aus dem Heu der Wiesen her, wovon man sich leicht überzeugt, wenn man bedenkt, daß bei einer Ernte von 5000 Kilogr. Heu von 1 Hectare Wiese über 20 Kil. Phosphorsäure herbeigeschafft werden und aus dem Futter in den Dünger übergehen. Die Wiesenpflanzen aber müssen diese Phosphorsäure entweder dem sie ernährenden Boden selbst entziehen, oder sie wird ihnen durch Regen und das austretende Flußwasser wiederum ersetzt. Da wir jedoch dem mit den Wiesen in Berührung kommenden Wasser keinen so bedeutenden Gehalt an Phosphorsäure zutrauen, wenigstens denselben durch die Analyse nicht nachzuweisen im Stande sind, so hege ich die feste Ueberzeugung, daß eine Zufuhr von phosphorsaurem Kalke den Wiesen in den meisten Fällen sehr gute Dienste thun würde, und wirklich haben wir unter den Resultaten der im vorhergehenden Kapitel angeführten Versuche durch Anwendung phosphorsaurer Salze, wenigstens in hinreichend feuchten Jahren, das Wachsthum der Wiesengräser auf eine auffallende Weise zunehmen sehen. Wird aber der Acker mit Knochenmehl gedüngt, so ist es hier nicht sowohl sein Phosphorsäuregehalt, welcher hauptsächlich als wirksam betrachtet werden kann, sondern offenbar der in ihm gebundene Stickstoff, und wenn wir dem Acker mittelst Knochenmehl eine ebenso große und ebenso lange anhaltende Fruchtbarkeit mittheilen wollen, als durch die gewöhnliche Mistdüngung, so dürfen wir die hierzu nöthige Menge nicht nach dem Phosphorsäuregehalte des Knochenmehles sondern nothwendig nach seinem Stickstoffgehalte bestimmen, oder mit andern Worten, man darf nicht etwa 150 Kil. Knochenasche auf 1 Hectare ausstreuen, sondern es sind hierzu 2000 Kil. unverwitterer Knochen nöthig. Es ist indessen hierbei zu bedenken, daß eine bestimmte Menge Stickstoff in den Knochen eine vorzüglichere Wirkung zeigt, als dieselbe Quantität, wenn sie in dem gewöhnlichen Stalldünger angewendet wird, weil jedenfalls die Zersetzung der Knochen, als einer durch und durch gleichförmigen stickstoffhaltigen Substanz, viel regelmäßiger stattfinden muß, als bei dem Stalldünger, so daß aus diesem ein Theil des gebildeten Ammoniaks sich verflüchtigen kann, während aus den Knochen die ganze Menge von den unter ihrem Einfluß gedeihenden Pflanzen aufgenommen wird. Die Erfahrung hat

Bedeutung der Phosphorsäure als Düngmittel für die Wiesen.

bewiesen, daß 1000 Kil. fein zerstampfter Knochen, wenn sie auf die Fläche eines Hectare ausgestreut werden, oft drei Jahre hindurch ebenso wirksam sich zeigen, als eine ganze Düngung mit Stallmist, welche im feuchten Zustande dem Gewichte nach 35000 Kil. beträgt, obgleich der Stickstoffgehalt im letzteren ungleich bedeutender ist als in der Knochen, nämlich bei den angeführten Gewichten sich verhält, wie etwa 180 zu 60, oder wie 3 zu 1.

Wirkung und Zweckmäßigkeit der Behandlung des Knochenmehles mit Schwefelsäure.

Die so eben gemachten Bemerkungen werden nun auch unser Urtheil bestimmen über die Zweckmäßigkeit der Methode, die zerstampften Knochen mit größeren oder geringeren Quantitäten englischer Schwefelsäure zu behandeln und zu vermischen. Man hat vielfach behauptet, daß man durch Vermischung des Knochenmehles mit der Hälfte oder mehr seines Gewichtes an Schwefelsäure dahin gelangen könne, denselben Erfolg in den Ernteergebnissen zu erreichen, wenn man 100 Kil. nach der angeführten Methode behandelten Knochenmehles anwendete, wo man von diesem sonst die zehnfache Menge hätte ausstreuen müssen. Dieser letzteren Meinung kann ich keineswegs beipflichten, obgleich ich den günstigen Einfluß der Schwefelsäure sowohl auf die organischen, wie auf die mineralischen Bestandtheile der Knochen anerkenne. Bei der Anwendung der Schwefelsäure zur Zersetzung der Knochen kann der Zweck ein doppelter sein, entweder die organischen Theile in eine schnellere Verwesung überzuführen und damit rascher zum Vortheil der Pflanze selbst zur Verwendung zu bringen, oder die Phosphorsäure der Pflanze leichter zugänglich zu machen. Wenn man zunächst die erstere Absicht verfolgt, so kann man offenbar mit einer kleineren Menge von Knochenmehl in einem Jahre denselben Erfolg durch Behandlung mit Schwefelsäure erzielen, als man sonst nur durch Aufbringung einer größeren Quantität zu erreichen im Stande wäre, und man hat dann von dieser Behandlung den Nutzen, das Düngmittel schneller, vielleicht schon durch eine einzige Frucht zu verwerthen, aber man hat natürlich dann auch keine weitere nachhaltige Wirkung für die nachfolgenden Früchte; man erhält nämlich eine dem Guano ähnliche, rasch aber vorübergehend wirkende Substanz. Ich habe selbst auf diese Weise den Ertrag sich wesentlich vermehren sehen, indem bei dem Hafer die Ernte an Körnern nach Anwendung von 400 Kil. Knochenmehl auf ein Hectare sich zu der Ernte, welche unter dem Einfluß derselben Quantität vorher mit der Hälfte des Gewichtes an Schwefelsäure behandelten Knochenmehles erhalten wurde, sich verhielt wie 100 zu 111,

und in dem Stroh wie 100 zu 127. Aber offenbar erzielt man in diesem Falle im zweiten und dritten Jahre das weniger, was man im ersten Jahre an Mehrertrag erhalten hat, und der Erfolg wird also in einer bestimmten Reihe von Jahren derselbe sein, ob man Schwefelsäure anwendet oder nicht, indem ich aus den oben entwickelten Gründen die Wirksamkeit des Knochenmehles für den Acker nicht in seinem Gehalte an Phosphorsäure finden kann, sondern vorzugsweise in seinem Stickstoffgehalte. Ich gestehe daher gerne die Wirkung der Schwefelsäure zu, insofern sie dazu dient, die organische Substanz der Knochen schneller zu zersetzen, glaube aber nicht, daß die Anwendung größerer Quantitäten mit pecuniärem Vortheil verbunden sei. Der andere Zweck, den man bei der Anwendung von Schwefelsäure verfolgen kann, ist die Bildung eines auflöslichen sauren phosphorsauren Salzes der Kalkerde, welches, wie andere auflösliche Mineralsalze, die Pflanze zu einem üppigeren Gedeihen anregen wird, vorausgesetzt, daß auch die übrigen hierzu nöthigen Substanzen, wie namentlich das Ammoniak, in hinreichender Menge im Boden bereits vorhanden sind; wo dieses jedoch nicht der Fall ist, da wird eine solche homöopathische Dosis von Knochenmehl und Schwefelsäure auch niemals einen besonders günstigen Erfolg äußern, und auf keinen Fall eine andere stickstoffhaltige Düngung ersetzen können. Anders verhält es sich jedoch mit der Düngung der Wiesen, welchen oft eine Zufuhr von phosphorsauren Verbindungen sehr noth thut. Hier habe ich durch die Aufbringung eines an Knochenmehl sehr reichen Compostes den Ertrag sich so vergrößern sehen, daß Wiesen, welche früher nur einen mageren Schnitt lieferten, jetzt schon seit einer Reihe von Jahren, zwei sehr zufriedenstellende Schnitte hergeben. Hier bin ich nun ebenfalls der Ansicht, daß die Versetzung des Knochenmehles mit einem Viertheil oder der Hälfte seines Gewichtes an Schwefelsäure eine sehr günstige Wirkung zeigen wird, indem dadurch die leichtere und gleichmäßigere Vertheilung, wie der schnellere Uebergang in die Pflanze gar wesentlich und zum großen Vortheil des Producenten erleichtert werden muß.

2. Dem Knochenmehl hinsichtlich der Zusammensetzung und Wirkungsart ähnliche Substanzen.

Wirkung der Rückstände von d. Seife- u. Leimfabrikation.

Die Knochen werden für mehrfache technische Zwecke verwendet, und die Rückstände von dieser Anwendung sind nicht selten zu einem

Preise zu erhalten, welcher im Verhältniß zu der größeren und geringeren Wirkung dieser Düngmittel als sehr niedrig betrachtet werden muß, und daher häufig die Benutzung solcher Rückstände rathsamer macht, als die Anwendung ganz frischer Knochen. Ich habe bereits angeführt, daß die von den Seifenfabrikanten zum Behufe der Fettgewinnung ausgekochten Knochen nicht an Werth für den Landmann verlieren, ja oft eine raschere und bessere Wirkung zeigen, als die fetten Knochen selbst. In den Leimfabriken werden große Mengen von Knochen mit Salzsäure ausgezogen, um die unorganischen Bestandtheile zu entfernen. Diese sauren Auflösungen von phosphorsaurem Kalke sind oft beinahe umsonst zu erhalten und sollten stets für die Landwirthschaft in Anwendung kommen, entweder direkt oder nach ihrer Sättigung durch verfaulte Mistjauche, mit Kalk, Asche, fruchtbarer Erde, Teichschlamm ꝛc. vermengt. Dieses so überaus billige Düngmittel wird gewiß als ein ausgezeichnetes Mittel zur Erhöhung der Heuerträge von den Wiesen fast unter allen Umständen zu benutzen sein, auf dem Acker jedoch, wenigstens ohne durch ammoniakalische Flüssigkeiten gesättigt zu sein, oder ohne Beimischung stickstoffhaltiger Substanzen, bei weitem nicht so gute Dienste thun.

Wirkung der Zuckerkohle.

Ein anderes ebenfalls der Beförderung des Pflanzenwuchses günstiges Düngmittel liefern die Zuckerraffinerien, namentlich die Rübenzuckerfabriken oft in beträchtlichen Massen und zu billigen Preisen. Es ist dies nämlich die Substanz, welche zur Klärung und Entfärbung des Syrups verwendet wird, und aus einem innigen Gemenge von feingepulverter Knochenkohle und Blut besteht. Die Knochen verlieren allerdings bei ihrer Verkohlung den größten Theil ihrer besonders wirksamen stickstoffhaltigen Substanz und nur eine geringe Menge von dem Stickstoffe bleibt in der Kohle zurück; jedoch wird dieser die ursprüngliche Wirksamkeit zum Theil durch die Beimengung von Blut wieder zurückgegeben, obgleich trotzdem die Wirkung niemals so bedeutend sein kann als bei Anwendung von unveränderten Knochen. Hierzu kommt noch der Umstand, daß die Knochenkohle eine sehr langsame Zersetzung erleidet, und dadurch ebenfalls, indem sie die erdigen Substanzen schützend umhüllt, auch diese zum großen Theile hindert in einen auflöslichen Zustand überzugehen. Ich halte es daher für sehr zweckmäßig bei diesem Düngmittel vorzugsweise die lösende Kraft der Schwefelsäure in Anwendung zu bringen.

Verschiedene thierische Abfälle als Düngsubstanzen.

Daß auch andere thierische Substanzen und Abfälle in Schlachtereien, Scharfrichtereien, Lohgerbereien, Seifensiedereien u. s. w., wie

faulendes Fleisch, Blut, Sehnen, Häute, Haare, Federn, Hornspäne, Lumpen von Wolle u. dgl., als sehr stickstoffhaltende mehr oder weniger schnell in Fäulniß übergehende Stoffe überaus wirksame Düngmittel abgeben, entweder für sich allein angewendet oder noch besser mit Erde zu einem Composte vermischt, — bedarf keiner weiteren Erwähnung und Anpreisung; die von mir aufgestellten theoretischen Grundsätze beweisen die nothwendig günstige Wirkung der angeführten Substanzen, und die Praxis hat dieselbe stets bestätigt, wo dergleichen Stoffe in größeren Quantitäten auf den Acker oder die Wiese gebracht wurden. Kein sorgsamer Landmann wird eine Gelegenheit verabsäumen, bei welcher er sich in den Besitz von Substanzen setzen kann, welche seinem Acker die beiden wichtigsten Stoffe für die Ernährung der Pflanzen, nämlich Ammoniak und Phosphorsäure in so reichlichem Maaße zuführen.

3. Das Pulver der Oelkuchen.

Die Rückstände von dem Auspressen der Oelfrüchte oder die sogenannten Oelkuchen enthalten im Durchschnitt fast ebensoviel Stickstoff, als die frischen Knochen, sie werden also eine diesen ganz ähnliche Wirkung äußern, namentlich da sie, wie alle Samenkörner, ebenfalls eine nicht unbeträchtliche Menge von Phosphorsäure enthalten. Die Wirkung aber der zerstampften Oelkuchen wird eine ungleich schnellere, wenn auch nicht so nachhaltige, als beim Knochenmehle sein, besonders, wenn in jenen nicht zu viel Oel noch zurückgeblieben ist, wodurch die Zersetzung der ganzen organischen Masse etwas verzögert wird. Beschleunigt wird die Wirkung, wenn man die zerriebenen Oelkuchen vorher eine Zeit lang in Jauche hat maceriren lassen und in dieser Flüssigkeit aufgerührt über den Acker vertheilt, oder auch, wenn man dieselben mit Erde vermengt einer angehenden Fäulniß unterwirft, indem Haufen gebildet, diese fleißig mit Jauche angefeuchtet werden, bis nach 24 Stunden oder längerer Zeit, eine starke Erhitzung eingetreten ist. Die Versuche, welche im J. 1849 von Stöckhardt auf dem Rittergute Brösa (sächsische Oberlausitz) ausgeführt worden sind, bestätigen die günstige Wirkung des Rapskuchenmehles; das zu den Versuchen benutzte Feld war fast völlig erschöpft, zu jedem Versuche diente eine Fläche von $37\frac{1}{2}$ Quadratruthen, die cultivirte Pflanze war der Hafer; zur Ver- Oelkuchen als Düngmittel.

gleichung dienen die schon oben angedeuteten Erträge von Knochenmehl und von Knochenmehl mit Schwefelsäure.

Düngmittel.	Menge d. Düngmittels auf 1 Hectare.	Ertrag an Körnern auf 1 Hectare.	Ertrag an Stroh und Spreu auf 1 Hectare.	Verhältniß der Körner zum Stroh.	Ertrag an Körnern Nr. 1=100.	Ertrag an Stroh Nr. 1=100.
	Kil.	Kil.	Kil.		Proc.	Proc.
Nr. 1. Ohne Dünger	—	928	1215	1 : 1,31	100	100
„ 2. Knochenmehl	400	1127	1390	1 : 1,23	121,4	114,4
„ 3. Knochenmehl / Schwefelsäure	400 / 200	1249	1757	1 : 1,41	134,5	144,6
„ 4. Rapskuchen.	400	1872	2387	1 : 1,28	201,7	196,5

Ursache der zuweilen beobachteten nachtheiligen Wirkung.

Man hat ziemlich allgemein die Erfahrung gemacht, daß die Oelkuchen, wenn sie gleichzeitig mit der Saat auf's Feld gebracht werden, zum Theil die Keimkraft des Samens zerstören, und aus diesem Grunde pflegt man das Düngmittel 8 bis 14 Tage vor der Saat auszustreuen. Die Ursache dieser Erscheinung kann in dem Oelgehalte der düngenden Substanz gesucht werden, welcher noch immer ein nicht unbedeutender ist (oft 16 Proc. und darüber), und wahrscheinlich bewirkt, daß die Samenkörner mit einer Oelschicht sich überziehen und auf diese Weise dem Zutritt des zum Keimen nothwendigen Sauerstoffes zu dem Innern des Samens ein Hinderniß entsteht, wodurch endlich die Keimkraft selbst zerstört wird. Selbst bei an sich schon ölhaltigen Samen läßt sich die angedeutete nachtheilige Wirkung der Oelkuchen erklären, wenn man bedenkt, daß in dem unzerstörten Samen das Oel in eigenen Zellen eingeschlossen ist, und deswegen den Luftzutritt zu dem Keime nicht verhindert, welches dagegen der Fall ist wenn die Samenkörner mit einem Oelüberzuge versehen sind. Es ist ferner bekannt, daß die Oelkuchen, namentlich die Rapskuchen außerordentlich schnell in Fäulniß übergehen; da nun in der Regel dem Gewichte nach eine ziemlich bedeutende Menge von diesem Düngmittel zur Anwendung kommt, so könnte man sich auch sehr wohl als möglich denken, daß die zarten Keime der jungen Pflanze durch ein Uebermaß der schnell sich bildenden ammoniakalischen Stoffe gleichsam erstickt würden, indem die faulige Gährung dem Organismus selber sich mittheilte und so das schnelle Absterben desselben bewirkte. Endlich will ich noch andeuten, daß in dem Rapskuchen ein eigenthümlicher scharfer, wahrscheinlich schwefelhaltiger Stoff zugegen zu sein scheint, welcher den angefeuchteten oder in Wasser aufgerührten Rapskuchen einen unangenehmen Geruch und Geschmack mittheilt und auch die Ursache ist,

weswegen die Thiere, namentlich die Schafe, nicht sofort und begierig dieses kräftige Futtermittel aufnehmen, sondern immer erst fressen, nachdem es schon eine Zeit lang mit der Luft in Berührung gestanden hat. Dieser Stoff kann ebenfalls den keimenden Samenkörnern nachtheilig wirken. Die Leinkuchen werden wegen ihres höheren Preises im Handel, wohl selten als Düngungsmittel verwendet; es ist mir unbekannt, ob die angeführte Erscheinung auch bei deren Anwendung beobachtet worden ist; sollte dieses nicht der Fall sein, so möchte der Grund hiervon wohl darin liegen, daß in den Leinkuchen die überaus große Menge von Pflanzenschleim (30 bis 40 Proc.) gleichsam ein Schutzmittel bildet für die stickstoffhaltigen oder Proteinsubstanzen, so daß die Zersetzung der letzteren nicht ganz so schnell erfolgt, wie dieses bei dem als Düngmittel ausgestreuten Pulver der Rapskuchen, bei Gegenwart von der erforderlichen Wärme und Feuchtigkeit stets bemerkt wird. Auch ist der noch rückständige Oelgehalt in den Leinkuchen stets geringer als in den Rapskuchen.

Die Zusammensetzung der Raps- und Leinkuchen habe ich auf direktem Wege folgendermaßen gefunden: Analyse der Oelkuchen.

	Rapskuchen.	Leinkuchen.
Hülsen und Holzfaser .	25,0 Proc.	9,6 Proc.
Zucker, Dextrin, Pektin 2c.	17,7 "	} 56,0 "
Pflanzenschleim . . .	"	
Stickstoffhaltige Substanz	20,8 "	
Oel	12,8 "	8,5 "
Wasser	14,9 "	13,9 "
Asche und Sand . . .	8,8 "	12,0 "
	100,0	100,0

Johnston fand in englischen Leinkuchen 9,5 Procent Hülsen, 12 Proc. Oel, 10 Wasser, 7,3 Asche und Sand, 22,1 Proteinsubstanz und 39 Proc. Pflanzenschleim, welche Verhältnisse mit den so eben angeführten nahe übereinstimmen.

Die Samenkuchen der gewöhnlich angebauten Oelfrüchte sind in ihrer Wirksamkeit als Dünger im Ganzen nicht sehr von einander abweichend, da der Stickstoffgehalt in jenen Rückständen selbst nur zwischen 5 und 6 Proc. zu schwanken scheint; jedoch mag diese Schwankung doch schon einen Einfluß ausüben, da wir die durch die

Erfahrung bestätigte bessere Wirkung der Leinkuchen vor den Hanfkuchen theoretisch wohl nur dadurch zu erklären im Stande sind, daß jene in der That um reichlich 1 Proc. reicher an Stickstoff gefunden wurden, als diese.

4. Den Oelkuchen, hinsichtlich der Zusammensetzung und Wirkungsart ähnliche vegetabilische Substanzen.

Den Oelkuchen ähnlich wirkende Düngmittel.

Den Oelkuchen ganz ähnlich verhalten sich die Rückstände und Abgänge der Samen und Früchte von der Fabrikation verschiedener Handelsprodukte. So sind die Malzkeime oder der Malzkehricht ebenso reich an Stickstoff wie die Oelkuchen und enthalten eine noch größere Menge von auflöslicher Phosphorsäure. Die Weintrester, das Aepfelmark oder die Rückstände von der Wein- und Ciderbereitung, die ausgepreßten und vom Zucker befreiten Runkelrüben, das Mark der Kartoffeln, welches, wie die Abwaschwasser bei der Abscheidung der Kartoffelstärke als Nebenprodukt erhalten werden; — alle diese Substanzen werden allerdings fast durchgängig als mehr oder weniger kräftige Futtermittel für das Vieh verwendet, jedoch können sie sich in den Fabriken manchmal in so großer Quantität anhäufen, daß man sich genöthigt sieht, sie als Düngmittel auf die Felder zu bringen. Daß die angeführten Stoffe, wenn sie als Düngmittel angewendet werden, als solche kräftig wirken müssen, geht schon aus der Betrachtung hervor, daß in ihnen die ganze Masse der ursprünglich in den betreffenden Früchten oder Wurzeln enthaltenen stickstoffhaltigen Substanz noch vorhanden sein muß, da die gewonnenen Fabrikate sämmtlich, wie Zucker, Stärke u. s. w., völlig frei sind von Stickstoff; die Analyse hat in der That den beträchtlichen Gehalt an Stickstoff in jenen Rückständen bestätigt und nachgewiesen, so daß sie in dieser Hinsicht, nachdem die etwa vorhandene Feuchtigkeit in Abzug gebracht worden ist, den Oelkuchen, wie auch dem Knochenmehl an die Seite gestellt werden können. Die großentheils sehr lockere Beschaffenheit jener Stoffe, sowie die innige Vermischung der stickstofffreien Holzfaser mit den stickstoffhaltigen Pflanzengebilden ist die Ursache, weswegen dieselben einer sehr raschen Fäulniß unterliegen und also bald in die den Pflanzen zuträglichen Nahrungsstoffe sich verwandeln.

5. Sonstige als Dünger zu verwendende vegetabilische Substanzen.

Eine ungleich größere Bedeutung als die soeben angeführten Substanzen haben in gewissen Gegenden die Blätter und Nadeln, sowie einzelne Gewächse, durch ihre düngende Kraft für die praktische Landwirthschaft. Die Blätter der Laubhölzer sind gewöhnlich 4 bis 5 mal reicher an Stickstoff als das Stroh und ebenso enthalten sie eine ungleich größere Quantität an auflöslichen alkalischen Salzen und phosphorsauren Erden und aus diesem Grunde müssen sie natürlich auch ein größeres Düngvermögen besitzen als Stroh; die Blätter der Nadelhölzer haben eine Zusammmensetzung, welche sie als Dünger verwendet weniger werthvoll macht. Wo man also in waldreichen Gegenden bedeutende Massen der abgefallenen Blätter sich verschaffen kann, hat man dadurch eine wesentliche Beihülfe für die Landwirthschaft, indem man auf diese Weise einen kräftigen und reichlichen Dünger zu bereiten im Stande ist, ohne die Erträge des Feldes dazu zu verwenden. Wenn man aber bedenkt, daß man mit dem Laube der Bäume eine sehr beträchtliche Menge an Stickstoff, besonders aber an alkalischen und phosphorsauren Mineralverbindungen dem Boden entzieht, welche demselben nur durch die langsame Verwitterung seiner Bestandtheile wieder ersetzt werden können, so müssen wir in der That den Eigenthümern der Waldungen völlig Recht geben, wenn sie die Ausfuhr von Laub oder sogenannter Waldstreu auf das Strengste verbieten. Nur wo im Hochwalde die Bäume ein kräftiges und gesundes Wachsthum zeigen und daher reichliche und zusagende Nahrung im Boden vorhanden sein muß, kann auch die Entfernung des Laubes im Herbste ohne Nachtheil für die Vegetation selbst, wenigstens innerhalb gewisser Gränzen, geschehen; wenn man aber in Wäldern, deren Boden ein durchaus magerer humusloser Sand ist und nur kaum noch eine mäßige Holzproduction gestattet, selbst gegenwärtig noch so häufig das sorgfältige Zusammenlesen der unter den Bäumen sich jährlich ansammelnden Nadeln bemerkt, so kann man nur den hier sich kundgebenden Mangel an praktischer Erfahrung, wie an theoretischer Einsicht bedauern und muß dieses Verfahren als eine muthwillige Zerstörung der Wälder bezeichnen, indem hier für einen augenblicklichen kleinen Vortheil der ungleich größere Gewinn einer zukünftigen Zeit leichtsinnig dahingegeben wird. Die Waldstreu.

Man hat die Erfahrung gemacht, daß die Blätter gewisser Bäume, z. B. der Eiche, wenn sie auf die angränzenden Felder niederfallen, hier Nachtheilige Wirkung der Eichenblätter.

nicht selten ein Hinderniß werden für die Entwicklung der Vegetation und den Ertrag der Ernte zu vermindern im Stande sind. Diese Erscheinung kann ihren Grund haben in der Entstehung einer namentlich den Getreidearten nicht zusagenden Humusmodifikation in Folge der schnellen Fäulniß der leicht sich zersetzenden Blätter; da jedoch die angedeutete den Pflanzen nachtheilige Wirkung vorzugsweise dem Laube einzelner Baumgattungen eigen ist, so möchte wohl eher ein besonderer Bestandtheil hierzu die Veranlassung geben, und man hat nicht mit Unrecht darauf aufmerksam gemacht, daß in den Eichenblättern wohl der größere Gehalt an Gerbstoff schädlich einwirke, indem man auch durch direkte Versuche mit dieser Substanz deren ungünstigen Einfluß auf die Vegetation bestätigt fand. Durch Vermischung des aus Eichenblättern gebildeten Düngers mit Strohdünger, oder durch Compostbereitung mittelst Erde und Kalk, oder endlich auch nur durch längere Fäulniß verschwindet mit der Zerstörung des Gerbstoffes auch seine nachtheilige Einwirkung vollkommen.

Die Teichstreu und deren Düngkraft.

Die sogenannte Teichstreu, welche bei der Teichwirthschaft in großer Quantität gewonnen wird, ist je nach ihrer Zusammensetzung oder je nach den Pflanzen, aus welchen sie gebildet wird, von sehr verschiedener Güte. Wo, wie oft in den Karpfenteichen, das Mannagras (Glyceria fluitans) vorherrscht, wird die Teichstreu von der besten Sorte sein und der mittelst derselben producirte Dünger dem mit Stroh erhaltenen keineswegs nachstehen; sind jedoch die Binsen und Schilfarten in überwiegender Menge zugegen, so nimmt damit auch die Güte der Teichstreu bedeutend ab, da diese dann viel ärmer an Stickstoff und an auflöslichen alkalischen Substanzen sein wird als in dem ersteren Falle. Auch die einzelnen Schilfarten und Binsen selbst bedingen, je nachdem sie in größerer oder geringerer Menge vertreten sind, in der Streu einen höheren oder geringeren Werth, sowohl in chemischer wie in physikalischer Hinsicht. Der Rohrkolben (Typha latifolia) ist ziemlich reich an alkalischen Stoffen und eignet sich wegen seiner porösen schwammigen Beschaffenheit recht gut zur Düngerbereitung, weil er große Mengen von flüssigen Excrementen der Thiere in sich aufnehmen und zurückhalten kann und selbst leicht der Verwesung unterliegt; das gewöhnliche Schilfgras (Arundo phragmites) und die binsenartigen Gewächse dagegen sind wegen ihrer Härte und Consistenz weit weniger geneigt in Humus sich zu verwandeln und enthalten unter ihren Aschenbestandtheilen nur geringe Mengen von alkalischen Salzen, die Asche

wird großentheils aus reiner Kieselsäure gebildet. Die folgenden Analysen, von denen Nr. 1 bis 3 Stöckhardt, Nr. 4 Richardson ausgeführt hat, zeigen die näheren Aschenbestandtheile einiger oft als Streu und Dünger benutzten Pflanzen:

Aschenbestandtheile des Schilfes und der Binsen.

	1. Rohrkolben (Typha latifolia).	2. Kleine Binse. (Scirpus sylvaticus).	3. Große Binse (Sc. lacustris).
Alkalische Salze . .	32,0 Proc.	12,5 Proc.	5,0 Proc.
Gips	0,7 „	5,6 „	4,2 „
Phosphorsaure Kalkerde	11,5 „	16,3 „	10,3 „
Kohlensäure Kalkerde .	45,2 „	8,2 „	21,0 „
Kohlensaure Magnesia .	3,2 „	4,0 „	4,7 „
Kieselsäure	7,6 „	53,3 „	55,1 „
.	100,2 „	99,9 „	100,3 „
Aschenprocente . . .	5 Prc.	4 Prc.	2 Prc.

	4. Schilfgras (Arundo phragmites).
Kali und Natron .	4,80 Prc.
Kalkerde . . .	6,06 „
Magnesia . . .	0,24 „
Eisenoxyd . . .	0,93 „
Phosphorsäure . .	3,19 „
Schwefelsäure . .	5,49 „
Chlor	0,17 „
Kieselsäure . . .	78,91 „
	99,79 „
Aschenprocente . .	1,62 Prc.

Die Teichstreu kann trotzdem, daß die sie bildenden Pflanzen im frischen Zustande oft mehr und werthvollere pflanzenernährende Substanzen enthalten, als die gewöhnlich als Einstreu benutzten Stroharten, dennoch in der Praxis selbst einen weniger kräftigen Dünger liefern, als diese und zwar aus dem Grunde, weil jene Gewächse gewöhnlich erst im Spätherbste geschnitten werden und wegen feuchter Witterung nicht selten bis in den Winter hinein allen Einflüssen der Atmosphäre ausgesetzt bleiben, so daß, wenn endlich die Substanz nothdürftig abgetrocknet ist, ein großer Theil der werthvollen Bestandtheile durch Auslaugen und Fäulniß bereits verloren gegangen ist.

Die Seegräser als Düngmittel.

Die **Seegräser** oder **Algen**, welche an den Meeresküsten oft in so ungeheurer Masse jährlich von der See ausgeworfen werden, verdienen für die Landwirthschaft der Küstenländer im hohen Grade Beachtung. An manchen Küsten Englands und Frankreichs wird mit diesem Material behufs der Düngerbereitung sogar ein ausgedehnter Handel getrieben. Die Seegräser sind verhältnißmäßig sehr reich an den hauptsächlich wirksamen Bestandtheilen des gewöhnlichen Düngers nämlich an Stickstoff und an mineralischen auflöslichen Salzen. Die Zusammensetzung ihrer Asche verdient hier in agronomischer Hinsicht eine kurze Betrachtung; als Beispiele mögen die von **Forchhammer** mitgetheilten Analysen dreier verschiedener Arten von Algen dienen, welche in der Nord- und Ostsee zu den besonders häufig vorkommenden gehören.

	1. Fucus vesiculosus.	2. Laminaria latifolia.	3. Furcellaria fastigiata.
Kali	8,98	23,35	20,24
Natron	9,63	14,46	23,47
Kalkerde	21,54	8,27	5,71
Magnesia	10,91	6,80	10,46
Phosphorsaure Kalkerde .	9,62	12,81	3,75
Schwefelsäure	26,22	12,63	30,92
Chlor	2,10	20,99	5,24
Kieselerde	11,00	0,69	0,21
	100,00	100,00	100,00
Aschenprocente in d. b. 100° getrockneten Substanz	16,22	13,62	18,92

Faßt man zunächst die Aschenprocente ins Auge, so ist deren Betrag ungleich höher als bei irgend einer anderen der gewöhnlich vorkommenden Pflanzen; in den Seegräsern besteht nämlich im Durchschnitt fast $^1/_6$ der ganzen getrockneten Masse aus Mineralsalzen oder Aschenbestandtheilen. Da aber diese als das Pflanzenwachsthum unterstützende und befördernde Stoffe gegenwärtig allgemein anerkannt sind, so muß man offenbar die günstige Wirkung der Seegräser zum großen Theile wenigstens ihrem beträchtlichen Aschengehalte zuschreiben; auch die einzelnen Bestandtheile der Asche für sich betrachtet bieten dem Wachsthum im Allgemeinen günstige Verhältnisse dar. Merkwürdig ist die außerordentlich große Quantität der Schwefelsäure, welche mit Kalkerde und Alkalien verbunden auftritt; außerdem aber ist es hauptsächlich der nicht unbeträchtliche Alkali-, namentlich Kaligehalt, welcher den

Werth dieser Gewächse als Dünger zum Theil bestimmt und um so auffallender ist, da das Meerwasser nur sehr geringe Mengen von Kali enthält, dagegen bekanntlich außerordentlich reich ist an Natronsalzen. Den Hauptvorzug aber haben die Seegräser vor anderen Vegetabilien durch ihren verhältnißmäßig großen Gehalt an Stickstoff, welcher gegen 2 Proc. und darüber von der trockenen Substanz ausmacht und also in dieser Hinsicht mit dem trockenen Stall- und Hofdünger auf gleicher Stufe der Wirksamkeit stehen muß. Wenn man zuletzt noch die poröse lockere Beschaffenheit der in Rede stehenden Substanz, und deren leichte Zersetzbarkeit und hygroskopischen Eigenschaften beachtet, so wird man auch vom theoretischen Standpunkte aus den durch die Praxis festgestellten hohen Werth der Seegräser als fruchtbarmachenden Stoff vollständig zu würdigen und zu erklären im Stande sein.

Düngkraft des Strohes, der Stengel u. Blätter verschiedener Pflanzen.

Die einzelnen **Stroharten** sind als Dünger in demselben Grade in ihrer Wirkung verschieden, wie sie als Nahrungsstoffe von einander abweichend sich verhalten, wenn auch in letzterer Hinsicht nicht allein die chemische Zusammensetzung, sondern auch die mechanische Structur wahrscheinlich in höherem Grade in Betracht gezogen werden muß, als wenn sie zu Dünger unmittelbar verwendet werden. Das Stroh vom Weizen und Hafer hat daher einen etwas höheren Werth als das vom Roggen und von der Gerste; die Abweichungen sind aber hier nur von geringer Bedeutung, dagegen sehr beträchtlich, wenn man die Halme der Getreidearten vergleicht mit dem Kraute der Hülsengewächse; die letzteren Pflanzen werden jedoch selten direkt als Dünger verwendet, höchstens nur die Stengel der Saubohne, wo diese in großer Ausdehnung angebaut wird, sie dienen fast durchgängig als Nahrungsmittel für das Vieh. Als vegetabilische Abgänge, welche auf einem Gute zur Vermehrung des Düngers beitragen können, sind hier noch die Blätter der **Kartoffeln**, **Runkeln** und **Kohlrüben** anzuführen, welche Stoffe jedoch auch nicht selten bei eintretendem Mangel an besseren Futtermitteln zuerst dem Vieh als Nahrung gegeben werden; ganz besonders aber müssen hier endlich die **holzigen Stengel** von **Raps**, **Topinambur**, der **Madia** u. s. w. Erwähnung finden, welche häufig gleich auf dem Felde zu Asche verbrannt, weit zweckmäßiger jedoch auf den Düngerstätten entweder als Unterlage verwendet oder dem Dünger selbst beigemischt werden. Die Stengel des Raps und der Madia können bekanntlich auch als Streu benutzt werden, die holzige Beschaffenheit der Topinambur-Stengel erlaubt jedoch diese Ver-

wendung nicht, wenigstens muß zu diesem Behufe eine mechanische Zerquetschung und Zerkleinerung vorausgehen; dagegen erleidet die Holzfaser eine ziemlich schnelle Zersetzung, wenn sie mit Jauche getränkt eine Zeitlang deren Einwirkung ausgesetzt ist und man erhält auf diese Weise aus den Topinamburstengeln einen Dünger, der um so schätzenswerther ist, als jene vegetabilischen Rückstände, deren Menge auf 1 Hectare oft 10 bis 12000 Kil. beträgt, eine nicht unbeträchtliche Menge Stickstoff, nämlich ungefähr 0,4 Proc. enthalten und also im Stande sind den Boden auf 1 Hectare mit 40 bis 50 Kil. Stickstoff zu bereichern, welcher natürlich für eine bestimmte Vegetation verloren geht, wenn jene Vegetabilien verbrannt und nur die Asche auf Feld oder Wiese ausgestreut wird. Auch die Compostbereitung mittelst Aetzkalk und Erde wird oftmals hinsichtlich der angeführten und ähnlicher Stoffe sehr vortheilhaft sein.

Ueber die Gründüngung im engeren Sinne des Wortes, oder über die Verbesserung des Ackers durch Anbau gewisser Pflanzen und Unterpflügung derselben nach ihrer Entwickelung bis zur Blüthe, also im grünen unreifen Zustande, werde ich in einem Abschnitte der nächsten Abtheilung dieses Werkes einige theoretisch-praktische Bemerkungen mittheilen und daher hier diesen Gegenstand gänzlich mit Stillschweigen übergehen.

6. Der Guano.

Abweichende Zusammensetzung des Guano.

Der Guano ist in neuerer Zeit sehr häufig, namentlich um den praktischen Düngwerth seiner verschiedenen Sorten zu bestimmen, zum Gegenstande mehr oder weniger ausführlicher und genauer Analysen gemacht worden. Jede neue Analyse hat gleichsam eine neue Sorte dieses im normalen Zustande so kräftig wirkenden Düngers nachgewiesen und zugleich gezeigt, daß die Zusammensetzung und somit die Wirksamkeit des Guano eine außerordentlich verschiedene sein könne, ohne daß man eine künstliche Verfälschung anzunehmen genöthigt wäre. Um ein ungefähres Bild dieser abweichenden Zusammensetzung des Guano zu geben, mögen die folgenden in neuerer Zeit ausgeführten Analysen dienen. Nr. 1 bezieht sich auf den im Königreiche Sachsen fast allgemein angewendeten, ächt peruanischen, sogenannten Geyer'schen Guano, die Ana-

lyse ist von mir ausgeführt; die Analyse Nr. 2 ist von Völckel, Nr. 3 von Bertels mitgetheilt.

	1.	2.	3.
Harnsaures Ammoniak	10,70	9,0	3,24
Oxalsaures Ammoniak	12,38	10,6	13,35
Oxalsaurer Kalk	5,44	7,0	16,36
Phosphorsaures Ammoniak . . .	19,25	6,0	6,45
Phosphorsaures Magnesia-Ammoniak	=	2,6	4,20
Schwefelsaures Kali	4,50	5,5	4,23
Schwefelsaures Natron	1,95	3,8	1,12
Schwefelsaures Ammoniak . . .	3,36	=	=
Salmiak	4,81	4,2	6,50
Phosphorsaures Natron	=	=	5,29
Chlornatrium	=	=	0,10
Phosphorsaurer Kalk	15,56	14,3	9,94
Kohlensaurer Kalk	1,80	=	=
Thon und Sand	1,59	4,7	5,80
Thonerde	=	=	0,10
Wachs- und harzähnliche Materie .	=	=	0,60
Feuchtigkeit	9,14	32,3	22,72
Unbestimmte organische humusartige Materie	10,00		
	100,00	100,0	100,00

Weniger ausführlich, aber zur Beurtheilung des Düngwerthes der betreffenden Guanosorte ausreichend sind die folgenden, Nr. 4 bis 7 von Stöckhardt, Nr. 8 bis 10 von mir angestellten Analysen:

	4.	5.	6.	7.
Stickstoff	12,56	6,8	0,74	0,4
Organische Stoffe . . .	59,1	37,0	9,0	6,8
Kalisalze	2,9	2,7	Spur	Spur
Natronsalze	0,5	4,0	3,6	1,2
Phosphorsaure Erden . .	26,0	29,1	60.0	9,5
Gips	=	=	5,4	2,3
Kohlensaure Kalkerde / Kohlensaure Magnesia .	Spur	Spur	Spur	
	101,1	80,6	78,7	

	8.	9.	10.
Phosphorsaurer Kalk	30,44	35,63	54,38
Kohlensaurer Kalk	14,00	17,11	10,75
Stickstoffhaltige Humussubstanz .	18,38	23,30	15,44
Feuchtigkeit	29,79	13,55	9,56
Sand	2,85	3,10	2,21
Magnesia, Alkalisalze und Verlust	4,54	7,31	7,66
	100,00	100,00	100,00

Von den hier aufgeführten Guanosorten sind Nr. 1 und 4 die vorzüglichsten, ächt peruanische, sie enthalten über 12 Proc. Stickstoff, Nr. 2, 3 und 5 sind von mittlerer Güte mit etwa 7 Proc. Stickstoff (afrikanischer Guano von Ischaboe), Nr. 8, 9 und 10 gehören zu den schlechten Sorten (im Handel vorgekommene Sorten, über Stettin bezogen, afrikanischer Guano von Ischaboe und von der Saldanhabay) und zeigen einen Gehalt von 2 bis 4 Proc. Stickstoff; Nr. 6 ist ein sehr schlechter Guano, welcher nicht einmal 1 Proc. Stickstoff enthält (aus Patagonien) und Nr. 7 ein geradezu verfälschter oder nachgemachter Guano, welcher aus England nach Deutschland eingeführt worden ist. Der Guano von Chili ist verschieden zusammengesetzt, zuweilen dem peruanischen ähnlich, oft aber stark ausgewaschen und dann nur den patagonischen an Werth gleich zu achten.

Bestandtheile der weißen Knollen im Guano.

In dem Guano bemerkt man häufig, in guten wie in schlechten Sorten, weiße Knollen, größere oder kleinere harte Körner, welche Stöckhardt im peruanischen, wie im patatgonischen, folgendermaßen zusammengesetzt fand:

	Guano aus Peru.	Guano aus Patagonien.
Verbrennliche Stoffe .	74 Prc.	13 Prc.
Stickstoff darin . . .	$15^1/_4$ „	$^7/_8$ „
Phosphorsaurer Kalk .	16 „	68 „
Gips	„ „	3 „

Der frische unzersetzte Guano enthält oft eine noch weit größere Quantität Harnsäure, als die obigen Analysen angeben; so fand Shier in einem vorzüglichen amerikanischen Guano 35 Proc. und Fritsche in den weißen Knollen des peruanischen sogar über 60 Pr. Harnsäure. Der Guano auf der Insel Ischaboe ist seit mehreren Jahren schon vollständig erschöpft und die Insel wird daher von den

Schiffen nicht mehr besucht. Die Seevögel, welche zu der Bildung von den Guanolagern, unter günstigen äußeren Umständen, die Veranlassung geben, kehrten zurück und haben dort schon wieder ein Lager von ganz frischem Guano gebildet, dessen Zusammensetzung von Rowney untersucht wurde: Zusammensetzung eines neugebildeten Guano.

Wasser	17,45 Prc.
Organische Substanz . .	30,51 „
Phosphorsaure Salze . .	15,76 „
Kohlensaurer Kalk . . .	4,98
Alkalische Salze . . .	5,33 „
Sand	25,97 „
	100,00
Ammoniak	10,81 Prc.

Anderson stellt, nach Abzug des Sandes, diese Bestandtheile mit denjenigen des früheren Ischaboe-Guanos und des peruanischen Guanos zusammen (die beiden letzteren Sorten im Mittel der Analysen vieler Chemiker):

	Neuer Ischaboe.	Alter Ischab.	Peru.
Wasser	23,58	23,33	13,07
Organische Substanz .	41,22	30,13	52,61
Phosphate	21,28	29,95	24,12
Kohlensaurer Kalk . .	6,73	Spur	„
Alkalische Salze . .	7,19	4,19	8,77
Sand	„	2,52	1,44
	100,00	100,00	100,00
Ammoniak	14,60	8,47	17,41

Eine andere Probe eines afrikanischen neuen Guano's (wahrscheinlich vom Cap der guten Hoffnung) ist nach Deutschland gekommen und von Stöckhardt untersucht worden; diese Guanosorte war sehr schlechter Art, da sie nur 13 Proc. verbrennlicher Substanz und in dieser nur $^{9}/_{10}$ Proc. Stickstoff, dagegen 13 und in den weißen Knollen sogar 41 Proc. Gips enthielt. Bei dieser Sorte kann man keine absichtliche Verfälschung mit Gips annehmen, weil unter dem Mikroskope der Gips als regelmäßige Krystallchen sich darstellte, welche man im gemahlenen Gips niemals in solcher Weise antrifft.

Mengenverhältnisse der vorherrschenden Bestandtheile.

Ich lasse hier noch eine von Johnston entlehnte Uebersicht folgen über die mittleren Mengenverhältnisse der wesentlicheren Bestandtheile in den von verschiedenen Ländern her eingeführten Guanosorten:

Fundort.	Wasserprocente.	Organische Substanz und Ammoniaksalze.	Phosphorsaure Verbindungen.
Bolivia	von 5 bis 7	von 56 bis 64	von 25 bis 29
Peru	„ 7 „ 10	„ 56 „ 66	„ 16 „ 23
Chili oder Valparaiso .	„ 10 „ 13	„ 50 „ 56	„ 22 „ 30
Ischaboe	„ 18 „ 26	„ 36 „ 44	„ 21 „ 29
Saldanha Bay . . .	„ 17 „ 34	„ 14 „ 22	„ 45 „ 56
Algoa Bay	„ 2 „ 24	„ 23	„ 43 „ 70
Patagonien	„ 14 „ 40	„ 16 bis 38	„ 17 „ 40
Possession Insel . . .	„ 18 „ 25	„ 22 „ 24	„ 42 „ 47
Paternoster Insel . .	„ 24 „ 29	„ 20 „ 22	„ 32 „ 40
Südafrika oder Bird's Insel	„ 14 „ 25	„ 19	„ 5 „ 22
Halifax Insel . . .	25	21	23
Australien	18	20	30
Holmes' Bird Insel .	24	39	25
Angra Pequena . .	23	53	12

Die stickstoffreichsten und deshalb werthvollsten Guanosorten sind die peruanischen und von diesen wiederum der sogenannte Anagamos-Guano, welcher eine völlig frische Ablagerung ist und mit der Hand von den Felsen abgesammelt wird; er liefert, nach Anderson, bei der Analyse 20,5 Proc. Ammoniak und mag wohl hinlänglich genau den Gehalt der völlig frischen Excremente der Vögel an Ammoniak angeben. Der gewöhnliche peruanische Guano giebt höchstens 17,5 Proc. Ammoniak.

Wirkungsart des Guano.

Es ist schon oben vorläufig von dem Guano und seiner günstigen Wirkung auf die Vegetation als einer sehr stickstoffhaltigen Substanz die Rede gewesen. Die hier mitgetheilte Zusammensetzung der besseren Guanosorten beweist, daß in denselben kein einziger Stoff enthalten ist, welcher nicht zur Ernährung der Pflanze das Seinige beitrüge, indem selbst die Gegenwart der nicht stickstoffhaltigen organischen Stoffe nothwendig zu sein scheint, um die sonst zu schnelle Zersetzung und Verflüchtigung dieses Düngers zu verhindern; auf der anderen Seite sind aber alle und jegliche Substanzen zugegen, welche irgendwie das Wachsthum der Pflanze, unseren Erfahrungen zufolge, zu fördern

im Stande sind, so besonders auflösliche phosphorsaure Alkalien und Erden, außerdem alkalische Verbindungen der Schwefelsäure und des Chlors. Im Allgemeinen bestimmt der Stickstoffgehalt den Werth des Düngers, so wie der Zustand, in welchem der Stickstoff zugegen ist; hiernach zeigen also die verschiedenen Guanosorten weit größere Abweichungen, als dies bei irgend einem anderen künstlichen oder natürlichen Düngmittel der Fall zu sein pflegt, da der Stickstoffgehalt im Guano von 1 bis 16 Proc. variirt, ohne daß man Ursache hätte, eine absichtliche Verfälschung anzunehmen.

Ich habe oben einen Düngungsversuch mit Guano beschrieben, aus dessen Resultaten sich ergab, daß fast die ganze Stickstoffmenge des Guano zur Hervorbringung von vegetabilischer Substanz verwendet worden war, indem durch 100 Kilogr. des in dem Dünger enthaltenen Stickstoffes ein Mehrertrag von 8000 bis 10,000 Kilogr. Heu und Grummet sich ergab. Ein solcher fast vollständiger Uebergang des Stickstoffes aus dem Dünger in die Pflanze kann nur unter besonders günstigen Witterungs- und Bodenverhältnissen stattfinden, und mag wahrscheinlich auch außerdem mit der Anzahl der im Dünger vorhandenen Stickstoffprocente, so wie mit dem mehr oder weniger innig gebundenen Zustande des Stickstoffes in Verbindung stehen; wenigstens kann ich aus eigener Erfahrung ein Beispiel anführen, welches ein bei weitem ungünstigeres Resultat lieferte. Bei einer Düngung von 480 Kilogr. auf ein Hectare betrug der Mehrertrag an Stroh und Körnern der Gerste nur etwa 3200 Kilogr.; da nun der angewendete Guano von vorzüglicher Beschaffenheit war und beinahe 12 Proc. Stickstoff enthielt, so ergiebt sich also hieraus, daß etwa $^2/_3$ der ganzen Stickstoffmenge in der Form von Ammoniak sich verflüchtigt hatte, und für die Vegetation verloren gegangen war. Nähere Mittheilungen über den Grad der Wirkung des Guano bei der Cultur verschiedener Pflanzen, über zweckmäßige Behandlung und Anwendung dieses Düngmittels, wie auch über die physischen und chemischen Kennzeichen seiner größeren oder geringeren Güte werden erst später Platz und Erwähnung finden.

7. Dem Guano ähnlich zusammengesetzte Düngmittel.

Bildung und Veränderung des Guano.

Der Guano stammt, wie aus seiner Zusammensetzung deutlich hervorgeht, von den Excrementen der Vögel, welche auf den Guanoinseln nahe der Küste von Chili, Peru und anderer Länder, Jahr-

tausende hindurch, wie zum Theil noch gegenwärtig, in Schaaren von Millionen zu der allmähligen Ansammlung von ausgebreiteten und oft mehrere Fuß mächtigen Guanolagern die Veranlassung gegeben haben. Die Excremente dieser Vögel haben unter dem unvollkommenen Zutritt der Luft und durch den Prozeß der Fäulniß eine größere oder geringere Umänderung erlitten, indem die frischen Excremente der Vögel weit reicher an Harnsäure zu sein pflegen, als der Guano, welcher letztere dagegen eine größere Menge von oxalsauren und humussauren Verbindungen enthält, die erst in Folge von jener Zersetzung entstanden sind. Schon die Excremente der körnerfressenden Vögel, wie z. B. der Tauben sind sehr reich an Stickstoff, da der frische Taubenmist nach Boussingault im getrockneten Zustande über 9 Proc. Stickstoff enthält, also in diesem Gehalte einer Guanosorte wenigstens von mittlerer Güte gleich gesetzt werden kann.

Zusammensetzung eines Taubendüngers.

In heißen Ländern trocknen die Excremente der Thiere sehr rasch aus, so daß der größte Theil der stickstoffhaltigen Substanz für längere Zeit zurückgehalten wird, da diese nur bei Gegenwart von Feuchtigkeit schnell und vollständig in leicht sich verflüchtigendes kohlensaures Ammoniak sich verwandelt. Auch der an der Luft getrocknete Taubenmist ist in neuerer Zeit von Egypten aus nach England eingeführt und hier als ein dem Guano ähnlich wirkendes Düngmittel zum Verkauf ausgeboten worden. Dieser Dünger enthielt nach einer in Johnston's Laboratorium ausgeführten Analyse folgende Bestandtheile:

Wasser	6,65 Prc.
Organische Substanz, enthaltend 3,27 Pr. Stickstoff, welche 3,96 Prc. Ammoniak entsprechen	59,68 „
Ammoniak	1,50 „
Alkalische Salze	0,42 „
Phosphorsaure Kalkerde und Magnesia	7,96 „
Kohlensaure Kalkerde	2,37 „
Kieselige Substanz (hauptsächlich Sand)	21,42 „
	100,00

Bestandtheile der Excremente fleischfressender Vögel.

Noch ungleich stickstoffreicher ist der Mist der fleischfressenden Vögel; Coindet fand in den Excrementen dreier verschiedener Adlerarten folgende Mengenverhältnisse der vorherrschenden Bestandtheile:

	Adler vom Senegal.	Amerikanischer Jagdadler.	Amerikanischer Fischadler.
Harnsäure . . .	89,79	90,37	84,65
Ammoniak . . .	7,85	8,87	9,20
Phosphorsaurer Kalk	2,36	0,76	6,15
	100,00	100,00	100,00

Der frische Nachtigallenkoth hat nach Braconnot die hier mitgetheilte Zusammensetzung:

Salmiak	0,2	
Harnsaures Ammoniak	52,7	mit Kali.
Phosphorsaures Ammoniak	0,8	mit Kali.
Schwefelsaures Kali	3,3	
Phosphorsaures Magnesia-Ammoniak . .	0,2	
Chlornatrium	0,8	
Phosphorsaurer Kalk	4,3	
Verlust (Wasser, Ammoniak, unbestimmte organische Materie)	37,7	
	100,0	

Die Guanolager sind durch die Excremente fleischfressender Vögel, wohl fast ausschließlich der Wasservögel entstanden. Wenn auch vielleicht die verschiedenen Arten dieser Vögel zu der Ablagerung von Guanosorten von etwas verschiedener Zusammensetzung Veranlassung gegeben haben, so können diese Abweichungen doch keinenfalls so bedeutend sein, wie wir sie in der That gefunden haben, sondern es wird ohne Zweifel eine spätere je nach den äußeren Umständen mehr oder weniger vollständige Umänderung und Zersetzung jener ursprünglichen Excremente stattgefunden haben, zum Theil auf die Weise, daß das überfluthende Meerwasser, besonders aber die heftigen tropischen Regengüsse zu einer Auslaugung der Substanzen und der Fortführung der in Wasser auflöslichen Stoffe beigetragen haben, endlich auch dadurch, daß unter dem Einflusse der atmosphärischen Bestandtheile und der Sonnenhitze eine Verflüchtigung der vorzugsweise wirksamen ammoniakalischen Gemengtheile stattfand. Der Werth des Guano richtet sich im Allgemeinen nach der Regenmenge, welche an seinem Fundorte jährlich zu fallen pflegt. In Peru und Bolivia, wo es fast niemals regnet, hat der Guano seine ursprüngliche Zusammensetzung am meisten beibehalten,

Ursache der abweichenden Zusammensetzung des Guano.

ist er am wenigsten ausgewaschen worden, ebenso zum Theil auf Ischaboe; dagegen haben in Chili, Patagonien, an der Saldanhabai und anderswo die dort stattfindenden heftigen atmosphärischen Niederschläge zu einer mehr oder weniger vollständigen Auflösung und Fortführung der vorzugsweise werthvollen Stoffe Veranlassung gegeben.

Wo, wie in den südeuropäischen Ländern, die Seidenzucht in sehr bedeutender Ausdehnung getrieben wird, da hat man auch in dem Kothe der Seidenwürmer einen sehr schnell und kräftig wirkenden Dünger, welcher alle zur Pflanzenernährung beitragenden Stoffe in reichlichem Maaße dem Boden zuführt.

8. Poudrette. — Künstlicher Guano.

Die menschlichen Excremente und deren Düngwerth.

Die Zusammensetzung der menschlichen Excremente ist bereits oben mitgetheilt und zugleich bemerkt worden, daß die mannigfaltige und kräftige Nahrung des Menschen nothwendig schon auf die Produktion eines sehr wirksamen Düngers schließen läßt. Es ist ferner einleuchtend, daß die menschlichen Excremente ebenso, wie es bei denen des Viehes der Fall ist, nach der Beschaffenheit der Nahrung in ihrer Zusammensetzung bedeutende Abweichungen zeigen müssen; in Kasernen und Zuchthäusern, wie in den Wohnungen der ärmeren Klassen wird ein bei weitem weniger kräftiger Dünger erzeugt, als dieses in den Gasthäusern und in den Häusern der höheren Stände geschieht, weil dort vorzugsweise nur vegetabilische Nahrung dem Körper dargeboten wird, hier aber in weit größerer Menge thierische, also sehr stickstoffhaltige Stoffe verzehrt werden. Nach den Resultaten verschiedener Untersuchungen und Berechnungen kann man im Allgemeinen annehmen, daß der Mensch täglich allein durch den Urin eine Quantität von wenigstens 15 Grm. Stickstoff aus dem Körper entfernt und es geht schon aus dieser bedeutenden Stickstoffmenge, welche in dem Harne des Menschen enthalten ist, hervor, wie wichtig es wäre, die menschlichen Excremente mit der größten Sorgfalt zu sammeln, und in einer passenden Form als ein Mittel dem Acker zuzuführen, die Fruchtbarkeit desselben sehr beträchtlich zu erhöhen.

Verschiedene Form der Anwendung der menschlichen Excremente.

Die menschlichen Excremente werden vorzugsweise in zweierlei verschiedenem Zustande angewendet, in flüssiger Form nämlich und in fester. Der flüssige Zustand wird, unter Beobachtung gewisser Regeln, bewirkt durch Vermischung der festen und flüssigen Excremente mit

größeren oder geringern Mengen von Wasser. Dieser Dünger wird wegen des schwierigen Transportes und der bei seiner Bereitung nöthigen Arbeiten ziemlich kostspielig und findet im Allgemeinen nur in sehr bevölkerten Ländern oder in Gegenden, wo die Landwirthschaft auf einer besonders hohen Stufe der Cultur steht, Anwendung, wie in der Lombardei, auch in der Schweiz und ganz besonders in dem französischen Flandern. Hier wird dieser Dünger, hauptsächlich für Handelsfrüchte, wie Raps, Tabak u. s. w., und zwar als Beidünger benutzt. Die Wirkung ist eine fast augenblickliche, wenigstens nur auf eine einzige Frucht sich erstreckend.

Nach dem vorzugsweise bedeutenden Verbrauche des in Rede stehenden Düngers in Flandern wird derselbe mit dem Namen des Flamändischen Düngers bezeichnet; man nimmt nach Boussingault in der Praxis an, daß 100 Kilogr. dieses Düngers 250 Kilogr. Hofmist in der Wirkung ersetzen, ungeachtet jener nur etwa halb soviel Stickstoff, wie dieser enthält, nämlich 0,2 Proc. Diese scheinbare Abweichung der Praxis von der Theorie hört aber auf räthselhaft zu sein, wenn man bedenkt, daß die Wirkung des flamändischen Düngers eine augenblickiiche, die des Hofmistes aber eine mehrere Jahre hindurch in fast gleichem Grade anhaltende ist. Hierzu kommt noch, daß die große Menge der in den menschlichen Excrementen enthaltenen Mineralsalze, namentlich der auflöslichen phosphorsauren Verbindungen, ebenfalls das Ihrige zur Erhöhung der Fruchtbarkeit beitragen mögen. Flamändischer Dünger.

Die zweite Form, in welcher die menschlichen Excremente zur Unterstützung und Beförderung der Vegetation benutzt werden, ist der feste, trockene Zustand, welcher denjenigen Düngmitteln eigen ist, die unter dem Namen von Poudrette oder künstlichem Guano im Handel vorzukommen pflegen und je nach der Art ihrer Bereitung von sehr verschiedener Güte und Zusammensetzung sind. Die Poudrette ist bei zweckmäßiger Darstellung ein kräftiger Dünger, welcher in der Schnelligkeit seiner Verwerthung die Mitte hält zwischen dem Guano und dem gewöhnlichen Hofmiste. Die von Paris aus in den Handel gebrachten Sorten dieses Düngers sind in der Regel nicht von großer Wirksamkeit, indem sie den gewöhnlichen Hofdünger im wasserfreien Zustande kaum an Stickstoffgehalt übertreffen, oft denselben sogar nicht einmal erreichen. Der unangenehme Geruch der menschlichen Excremente, welcher die Bearbeitung derselben in so vielen Ländern, zum großen Nachtheil der Land- Poudrette oder künstlicher Guano.

wirthschaft, noch immer zu hindern scheint, läßt sich durch eine zweckmäßige Behandlung mit geeigneten Substanzen fast vollständig entfernen, so z. B. durch Eisenvitriol, welches mit dem jenen üblen Geruch vorzugsweise erzeugenden Schwefelwasserstoff-Ammoniak geruchloses Schwefeleisen und schwefelsaures Ammoniak erzeugt, oder auch durch Kohle, wie die Knochenkohle, welche aus den Zuckerfabriken verkauft wird und auch an sich schon als ein gutes Düngmittel angesehen werden muß; auch Torfpulver (Humussubstanz) wird oft mit Erfolg für denselben Zweck verwendet. In Deutschland werden die menschlichen Excremente im Ganzen sehr wenig beachtet, nur in unmittelbarer Nähe der Städte führt der Landmann dieselben entweder für sich allein oder in der Regel mit anderen Abfällen der Haushaltung, namentlich auch mit Asche vermengt auf seine Felder. In weiterer Entfernung von den Städten begnügt sich der Oekonom die etwa vorkommenden menschlichen Excremente dem Hauptdünger beizumengen, oder höchstens mit Erde, Asche u. s. w. Composthaufen zu bereiten und diese, je nach Gelegenheit und Umständen, auf Feld und Wiese auszubreiten. Im Ganzen geht jedoch eine unglaubliche Menge des kräftigsten Düngers jährlich für die Landwirthschaft verloren durch Unachtsamkeit und unzweckmäßige Behandlung. Erst in neuester Zeit hat man auch bei uns angefangen, diesem Gegenstande die nöthige Aufmerksamkeit zuzuwenden, und namentlich in großen Städten Poudrette-Fabriken anzulegen. Die hier verfertigten Düngstoffe scheinen aber im Ganzen bei den Landwirthen kein besonderes Glück gehabt zu haben, sei es weil die letzteren jene Düngmittel schon von vorne herein mit Mißtrauen betrachteten oder weil sie in der That durch eigene Versuche von der geringen Wirksamkeit derselben, welche nicht mit den dafür verlangten Preisen in dem passenden Verhältnisse stand, sich überzeugt hatten. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß man in der That nicht selten Ursache hat, mit den käuflichen Düngerfabrikaten unzufrieden zu sein, leider werden nur gar zu häufig unter gewaltigen Lobpreisungen dem Landmann dergleichen Stoffe angeboten, welche entweder absichtlich aus unwirksamen Substanzen zusammen gemischt sind, um leicht und betrügerischer Weise Geld zu gewinnen, oder die durch Unkenntniß der Fabrikanten mit den ersten Gesetzen der Pflanzenernährung eine ihrem Zwecke nicht entsprechende Zusammensetzung erhalten haben, oder endlich auf einer unrichtigen Theorie des Düngers basirt auch für den praktischen Landbau nicht den erwarteten und gewünschten Erfolg gewähren

können. Dennoch aber ist unläugbar, daß wir schon jetzt im Handel vorkommende Poudrette- oder künstliche Guanosorten besitzen, welche mit Fug und Recht die Aufmerksamkeit der Landwirthe auf sich ziehen müßten, wenn auch zugestanden werden muß, daß man die zweckmäßigste und vortheilhafteste Behandlung und Bearbeitung der menschlichen Excremente noch nicht aufgefunden hat, und ebenfalls, daß der schlechteren Sorten jener künstlichen Düngmittel es wohl noch immer mehrere giebt als der guten und preiswürdigen. Da ich, wie bereits angeführt wurde, der Behandlung und Bereitung der verschiedenen Düngmittel ein besonderes Capitel widmen werde und aus deren Darstellung auch die Zusammensetzung und Wirkungsart sich ergeben muß, so verweise ich hier auf die später folgenden Mittheilungen.

Berechnung des Stickstoffgehaltes der menschlichen Excremente.

Ich füge diesen wenigen Bemerkungen über den Werth der menschlichen Excremente für die praktische Landwirthschaft eine einfache Berechnung bei, durch welche jener Werth besonders deutlich sich herausstellen wird. Es sind in den Excrementen des Menschen, wie aus den früher angeführten Analysen sich ergiebt, ohne Ausnahme alle diejenigen Stoffe in reichlicher Menge enthalten, welche irgendwie zu der Ernährung der Pflanzen mittelbar oder unmittelbar beitragen können. Wir brauchen daher für die hier anzustellende Betrachtung allein den wichtigsten und wirksamsten aller Düngerbestandtheile zu berücksichtigen, nämlich den Stickstoff. Von diesem Körper wird täglich, nach einer niedrigen Annahme, etwa 15 Grm. aus dem Körper des Menschen im Urin und Koth in einem chemisch gebundenen Zustande entfernt, in einem Jahre also 5475 Grm. oder 5½ Kil. Bedenken wir nun ferner, daß, um eine gute Ernte zu gewinnen, auf ein Hectare ungefähr 40 Kil. Stickstoff an der Bildung der organisch-vegetabilischen Masse Theil nehmen, so werden also 7 Menschen jährlich so viel Stickstoff in ihren Excrementen hergeben, als erforderlich ist, um den auf einem Hectare wachsenden Pflanzen dieses wichtige Nahrungsmittel in genügender Menge zuzuführen. Im K. Sachsen kommen auf eine Quadratmeile 6310 Menschen (nach **Berghaus**, 1843), welche also im Stande sind, 901 Hectare mit dem nöthigen Stickstoff zu versorgen; 1 Quadratmeile umfaßt eine Fläche von 4740 Hectaren, von denen man in Sachsen fast genau die Hälfte, also 2370 Hectaren, als pfluggängiges Land annehmen kann. Es würde daher beinahe die Hälfte des ganzen unter dem Pfluge befindlichen Landes allein durch den Menschen vollkommen mit dem nöthigen Dünger versorgt werden können. Beachtet man nun

aber endlich, daß ausden weiter oben mitgetheilten theoretischen Betrachtungen, so wie aus der praktischen Erfahrung mit hinreichender Klarheit sich ergiebt, daß von dem in der ganzen jährlich erzeugten vegetabilischen Masse enthaltenen Stickstoffe nicht viel mehr als die Hälfte aus den zugeführten düngenden Substanzen entnommen wird, die andere Hälfte aber aus der schon in dem Boden vorhandenen und ihm eigenthümlichen Kraft und natürlichen Fruchtbarkeit herrührt oder der die Pflanze umgebenden Atmosphäre entzogen wird, — so kommt man zu dem Resultate, daß die Cultur aller ökonomischen Früchte einzig und allein durch die Excremente der Menschen im Königreiche Sachsen, wenigstens bei der jetzigen Höhe der Erträge, erhalten werden könnte, vorausgesetzt, daß diese Düngstoffe vor ihrer Anwendung eine zweckmäßige Behandlung und Bearbeitung gefunden hätten, durch welche der Verflüchtigung der stickstoffhaltigen Substanzen möglichst enge Gränzen gesetzt worden wären.

Ursachen der oftmaligen Widersprüche zwischen Theorie u. Praxis.

Berechnungen der Art, wie ich sie hier und in diesem Werke bereits mehrfach vorgenommen habe, sind in der Praxis nicht immer als stichhaltig gefunden worden, und man hat nicht selten der Wissenschaft den Vorwurf gemacht, daß sie aus Versuchen und Analysen, welche nach einem sehr kleinen Maßstabe ausgeführt wurden, oft zu voreilig dem Landbau selbst Vorschriften ertheile und so auch den Werth dieses oder jenes Düngmittels gar sehr überschätze. Es ist gewiß, daß sehr häufig wichtige Momente bei der Bestimmung des Werthes eines Düngmittels unbeachtet geblieben sind, so auch vor allen Dingen hinsichtlich der menschlichen Excremente; man hat nicht selten die Erfahrung gemacht, daß der von Hunderten von nahe zusammenlebenden Menschen producirte Dünger, welcher der Theorie zufolge eine ausgedehnte Fläche Feldes, viele Hectaren groß, auf die Stufe der höchsten Fruchtbarkeit erheben und auf derselben erhalten müßte, in der Wirklichkeit kaum ausreicht, eine ganz kleine Fläche Landes mit den pflanzenernährenden Stoffen nothdürftig zu versorgen. Es ist hier allerdings von Seiten der Wissenschaft der bedeutende Irrthum begangen worden, daß man aus den Resultaten einer einzigen Analyse Schlüsse gezogen hat auf die Zusammensetzung der menschlichen Excremente im Allgemeinen; aber auf der anderen Seite ist auch zu bedenken, daß hier sehr häufig Einflüsse störend auftreten, welche unmöglich von der Wissenschaft in Rechnung gezogen werden können, die im Gegentheil ganz gewöhnlich in der überaus nachlässigen, theoretisch wie praktisch unrichtigen Behand-

lung dieses kräftigen Düngers und also in der Unwissenheit dessen begründet sind, welcher vielleicht gerade am meisten seine Stimme erhebt gegen das Eindringen der Wissenschaft und der letzteren allen Werth und alle Bedeutung für die Praxis abspricht, auf seine einseitige Erfahrung sich berufend. Es ist unrichtig, Berechnungen auszuführen, deren Basis auf der Analyse eines Düngers ruht, der in Folge sehr kräftiger Nahrung entstanden ist; die menschlichen Ausleerungen sind ebenso verschieden zusammengesetzt, wie diejenigen der Thiere, die Beschaffenheit der aufgenommenen Nahrungsmittel ist allein hier maßgebend, der Stickstoffgehalt und damit der Hauptwerth wechselt außerordentlich. Aber ein großer Theil des Düngwerthes geht auch durch nachlässige Behandlung oder vielmehr durch Mangel an jeglicher Behandlung verloren, es bleibt oft nur eine ausgelaugte, vergohrene, gleichsam todte Masse zurück, welche als Dünger verwendet, natürlich auch nur eine ihrer Zusammensetzung entsprechende, d. h. höchst geringe Wirkung für die Förderung der Vegetation zeigen kann. Es giebt keinen Düngstoff, der in Folge seiner mechanischen und chemischen Zusammensetzung so leicht in Fäulniß und Verwesung überginge, wie der Menschenmist; wenn nicht Sorge getragen wird, daß entweder die Verwesung durch Beimengung gewisser Substanzen verlangsamt wird, oder daß die freiwerdenden gasförmigen Körper sofort wieder gebunden und zurückgehalten werden, so lange man nicht durch eine zweckmäßige Einrichtung der Abtrittsgruben jegliche Auslaugung der Düngstoffe vollständig hindert und außerdem darauf achtet, daß kein Abfluß des ganz besonders werthvollen flüssigen Düngers aus den Gruben oder ein Eindringen desselben in den Boden stattfinden kann, so lange wird man auch keinen großen Vortheil ziehen aus den menschlichen Entleerungen, und man darf sich daher auch nicht wundern, wenn jene als Dünger im Garten und auf dem Felde angewendet, einen nur geringen Erfolg zeigen, welcher durchaus nicht mit der Anzahl der zur Ansammlung dieser Stoffe beitragenden Menschen und mit der Beschaffenheit der verzehrten Speisen in ein passendes Verhältniß zu setzen ist.

9. Holz-, Torf-, Braun- und Steinkohlenasche.

Die Asche aller Brennmaterialien wird zur Verbesserung des Ackers und der Wiesen mit größerem oder geringerem Erfolge angewendet. Das Holz ist ein Produkt der höher organisirten vegetabilischen Welt, Holzasche als Düngmittel.

es muß daher auch alle die Aschenbestandtheile enthalten, welche in die Zusammensetzung der sogenannten Gefäßpflanzen, wenn auch in wechselnder Menge, ohne Ausnahme eingehen. Als Beispiel der Zusammensetzung der Holzasche verweise ich auf die früher mitgetheilte Analyse des Holzes vom Kastanienbaume. Man ersieht aus derselben, daß die Holzasche reich ist an phosphorsauren Erden, an kohlensauren Alkalien, und auch Kieselerde in einem für die Pflanzen aufnehmbaren Zustande enthält, also alles Substanzen, deren günstige Wirkung auf die Vegetation wir bereits hinlänglich kennen gelernt haben.

Düngende Kraft der Torfasche.

Der Torf ist ein noch gegenwärtig aus den Ueberresten verschiedener Pflanzen sich erzeugendes Produkt, aus welchem die ursprünglich in den lebenden Pflanzen enthaltenen mineralischen Stoffe durch die fortdauernde Einwirkung des Wassers zum großen Theile ausgelaugt und fortgeführt worden sind, so daß auch die Asche des Torfes schon aus dieser Ursache weit ärmer an auflöslichen alkalischen Salzen wie auch an phosphorsauren Erden sein muß, welche in der Asche einiger Torfarten sogar bis auf die letzte Spur verschwunden sind. Die gewöhnlichen Pflanzen, welche hauptsächlich zur Bildung des Torfes beitragen, sind die Torfmoose (Sphagnum und Hypnum), einige Riedgräser und das Heidekraut, Pflanzen, von denen besonders die Moose und das Riedgras nur wenig Alkalien und Phosphorsäure enthalten. Der Waldtorf ist gewöhnlich, wie an Brennwerth, so auch in seiner Asche an Düngwerth den andern Torfsorten vorzuziehen, indem an seiner Bildung die Bäume des Waldes selbst mit ihren Blättern, Nadeln und Stämmen oft in hohem Grade Theil gehabt haben; jedoch hat auch hier die auslaugende Kraft des Wassers einen großen Theil der nutzbaren Mineralsubstanzen entfernt. Daß ferner die größere oder geringere Menge der dem Torfe beigemengten Erde und deren chemische Beschaffenheit, sowie die Zusammensetzung des in die Torfmoore sich ergießenden Quellwassers und endlich die geognostische Natur des unter dem Torf und in dessen Umgebung auftretenden Gesteins auf die in der Asche des Torfes vorhandenen Stoffe und deren quantitativen Verhältnisse von wesentlichem Einflusse sein muß, versteht sich von selbst. Es erklärt sich daher leicht der Umstand, daß die Asche verschiedener Torfsorten eine gar sehr verschiedene Zusammensetzung hat, wie solche durch mehrfache Analysen nachgewiesen wurde. Wie sehr nämlich die Zusammensetzung der Torfaschen variirt, beweisen die folgenden 6 Analysen, welche von **Berthier** ausgeführt wurden: 1) Der

Zusammensetzung verschiedener Torfaschen.

Torf aus dem Moor von Sceaux bei Chateau-Landon (Seine-et-Marne) hinterläßt 19 Proc. Asche; 2) der Torf von Voitsumna auf der böhmischen und bairischen Gränze enthält Ueberreste von Bäumen und 1,7 Proc. Asche; 3) Torf aus der Umgegend von Troyes ist braun, von lockerer Beschaffenheit und hinterläßt 11 Proc. Asche; 4) Torf von Vassy (Marne) ist dicht, braun und mit Kreidestücken untermengt, liefert beim Verbrennen 7,2 Proc. Rückstand; 5) Torf von Champ-du-Feu bei Framont (Vogesen) hinterläßt 3 Proc. Asche; 5) der Torf aus der Umgegend von Hagenau liefert 12,5 Proc. Asche.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Aetzkalk	} 63,0	2,0	23,0	=	30,0	6,0
Kohlensaurer Kalk		=	=	51,5	=	=
Thon	7,5	=	} 26,0	11,0	=	} 65,5 mit Sand
Gallertartige Kieselerde	15,0	36,5		=	40,0	
Thonerde	7,0	17,3	} 14,0	=	} 30,0	16,2
Eisenoxyd	9,0	33,0		11,5		3,7
Kohlensaures Kali	0,5	=	=	=	=	=
Talkerde	=	3,5	14,0	=	=	0,6
Schwefelsaure Kalkerde	=	4,5	=	26,0	=	=
Chlorcalcium	=	0,5	=	=	=	=
Der Einäscherung entgangene Kohle	=	2,7	=	=	=	=
Kohlensäure u. Schwefel	=	=	23,0	=	=	=
Kali und Natron	=	=	=	=	=	2,3
Schwefelsäure	=	=	=	=	=	5,4
Chlor	=	=	=	=	=	0,3
	102,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Andere Torfaschen scheinen noch ziemlich bedeutende Mengen von phosphorsaurem Kalke zu enthalten, so zwei Torfaschen aus dem Brandenburgischen:

	7.	8.
Kalkerde	15,25	20,00
Thonerde	20,50	47,00
Eisenoxyd	5,50	7,50
Kieselerde	41,00	13,50
Phosphorsaurer Kalk	15,00	9,50
Kochsalz mit Gips	3,10	2,60
	100,35	100,10

Die Analysen einiger Torfsorten mögen gleichfalls hier noch angeführt werden; Nr. 9 und 10 sind aus dem Braunschweig'schen und von **Wiegmann** mitgetheilt, Nr. 9 ein Stechtorf und Nr. 10 ein Formtorf (Baggertorf); Nr. 11 ein von den gröberen Wurzelresten abgesiebter Brauntorf aus dem sächsischen Erzgebirge, von **Lampadius** untersucht.

	9.	10.	11.
Humussäure	27,60	10,40	27,4
Humuskohle	45,20	44,60	24,9
Harz	4,80	0,43	=
Erdharz	9,00	2,25	=
Wachs	6,20	0,25	=
Feine Holz- u. Wurzelreste	=	=	10,7
Saure humussaure Salze	=	=	2,3
Wasser	5,40	2,10	24,0
Schwefelsaure Kalkerde .	0,28	4,87	1,5
Chlorcalcium	0,02	=	=
Kieselerde }	0,72	2,20	2,5
Sand }		14,20	
Thonerde	0,08	9,60	1,1
Kohlensaurer Kalk . .	0,44	=	1,4
Eisenoxyd } .	0,26	6,60	1,3
Phosphorsaurer Kalk }		1,60	1,2
Magnesia	=	=	0,3
Manganoxyd	=	=	0,2
	100,00	100,00	98,8

In der Regel wird weder die Torfasche noch die Holzasche für sich allein ausgestreut, sondern mit einander gemengt, so daß die erstere gewöhnlich vorherrscht. Ein solches Gemenge von Fichtenholzasche und der Asche eines sehr sandreichen Torfes aus der Oberlausitz zeigte bei seiner Verwendung als Düngmittel, nach meiner Untersuchung, die folgende Zusammensetzung:

Schwefelsäure . . .	0,79	3,32 Proc. in Wasser auflöslicher Substanzen.
Chlor	Spur	
Kalkerde	0,76	
Magnesia	Spur	
Kohlensaures Kali .	1,77	

Phosphorsaurer Kalk / Eisenoxyd	8,62	23,42 in Salzsäure auflöslicher Substanzen.
Kohlensaurer Kalk . .	12,78	
Magnesia	2,02	
Schwefelsäure . . .	Spur	
Kieselerde, auflösliche	0,83	
Kieselsand / Thon	69,07	
Kohle	2,19	
Wasser	1,12	
	99,95	

Bei so abweichender Zusammensetzung des Torfes und der Torfasche ist es natürlich, daß auch die Wirkung dieser Substanzen als Düngmittel eine sehr verschiedene sein muß. Nr. 1 enthält eine ungewöhnliche Menge von Kalk und muß daher fast ganz in ähnlicher Weise wie der reine Kalk auf die Vegetation der Pflanzen einwirken, während von den übrigen Bestandtheilen nur die bedeutende Quantität gallertartiger oder auflöslicher Kieselsäure, sowie auch die geringe Menge des vorhandenen Kali zur Erhöhung des Düngwerthes beitragen können. Nr. 4 ist außerdem ausgezeichnet durch den großen Gehalt an Gips, welcher in Nr. 2 sehr zurücktritt, in den übrigen Sorten aber ganz verschwindet. Die Torfaschen Nr. 7 und 8 enthalten verhältnißmäßig viel phosphorsauren Kalk und würden dadurch wahrscheinlich besonders geeignet sein den Graswuchs der Wiesen zu unterstützen, welche Wirkung durch die vorhandene Kalkerde und die auflösliche Kieselerde noch erhöht werden möchte. Die Torfarten Nr. 9 bis 11 werden ebenfalls in Folge ihrer größeren oder geringeren Menge an Gips und Knochenerde eine mehr oder weniger günstige Wirkung zeigen, welche auch endlich bei Nr. 12 der Zusammensetzung entsprechend durch direkte Vegetationsversuche von mir gefunden wurde. Ich bestreute nämlich 131 Kartoffeln, jede mit ungefähr 9 Grm. der angeführten Asche, sie lieferten eine Ernte von etwa 48 Kil., während eine gleiche Anzahl Kartoffeln in Stalldünger gelegt nur 44 Kil. Ertrag gab und ohne allen Dünger eine Ernte von 39 Kil. sich herausstellte; die letztere Ernte = 100 gesetzt, war der mit Hülfe des Stallmistes bewirkte Ertrag = 112, und der bei Anwendung der Mischung von Torf- und Holzasche erlangte = 121 Proc. Abweichende Wirkung als Düngmittel.

Wirkung der Braun- und Steinkohlenasche als Düngmittel.

Wenn man bedenkt, daß die Braun- und Steinkohlen ursprünglich torfähnliche Substanzen waren, nur oft in höherem Grade als diese holzigen Gewächsen ihren Ursprung verdanken, dagegen eine viel längere Zeit dem auslaugenden Einfluß des Wassers ausgesetzt waren, so wird es leicht erklärlich, daß die Braun- und Steinkohlenasche eine derjenigen der Torfasche ähnliche, aber noch mehr verminderte Wirkung auf das Wachsthum der Pflanzen ausüben muß. Die Braunkohlen und gewöhnlich noch mehr die Steinkohlen sind sehr häufig reich an Schwefeleisen oder Schwefelkies, welche Verbindung entweder die ganze Masse der Kohle durchdringt oder in einzelnen Parthien auf Spaltungs- und Zerklüftungsflächen derselben sich ausgeschieden hat. Dieses Schwefeleisen geht bei längerer Berührung mit der atmosphärischen Luft in auflösliches schwefelsaures Eisenoxydul über, und durch die Gegenwart dieses Eisensalzes wird jene verwitterte Kohle sehr geeignet, den unangenehmen Geruch der menschlichen Excremente nach Schwefelwasserstoff-Ammoniak verschwinden zu machen; auch enthält die Asche dieser Kohlen häufig bedeutende Mengen von schwefelsaurer Kalkerde oder Gips.

Bestandtheile der Braunkohlen.

Die folgenden Braunkohlen sind aus der großen Ablagerung in der Halle-Magdeburger Ebene: 1) Kohle von Preußlitz; 2) von Neugattersleben; 3) von Lebendorf; 4) von Aschersleben; 5) von Gutenberg bei Halle: a helle und b dunkle.

	1.	2.	3.	4.	5. a	5. b
Verbrennbare Substanz und Wasser	53,00	82,91	96,67	86,00	91,43	84,60
Kohlensaurer Kalk	3,55	3,46	0,42	5,88	=	=
Kohlensaure Magnesia	7,75	6,00	1,46	4,70	=	=
Salzsaurer und schwefelsaurer Kalk und Magnesia	=	=	0,61	0,52	=	=
Schwefelsaures Eisen-, Kupferoxyd und Magnesia	=	=	=	=	0,27	0,13
Eisenoxyd	2,80	2,50	=	3,70	1,40	0,37
Magnesia	=	=	=	=	1,30	1,10
Phosphorsaures Natron, salzsaurer und schwefelsaurer Kalk . . .	0,50	=	=	=	=	=
Kieselerde und Sand	32,40	4,71	0,84	0,30	5,60	14,00
	100,00	99,58	100,00	101,10	100,00	100,20

Die hier angeführten Braunkohlenaschen haben nur durch ihren Gehalt an kohlensauren Erden und vielleicht auch durch die Gegenwart

von fein zertheilter Kieselerde die Fähigkeit, das Wachsthum der Pflanzen, namentlich der Wiesengräser zu unterstützen, die übrigen Bestandtheile sind entweder ganz indifferent bei dem Prozesse der Pflanzenernährung oder in nur so unbedeutenden Quantitäten zugegen, daß deren Einfluß ebenfalls ein fast verschwindender sein muß. Andere Braunkohlenaschen enthalten jedoch eine bedeutend größere Menge Gips unter ihren Bestandtheilen; so besteht z. B. die Asche der Braunkohle von Saint-Martin-de-Vaud (Canton de Vaud) aus 30 Proc. Thon, 43 Eisenoxyd und 28 Proc. schwefelsaurem Kalk, welcher letztere in dieser Braunkohle schon fertig gebildet vorkommt, da sie kein Eisenkies enthält. Die Braunkohle von Großprießen (unterhalb Außig auf dem rechten Elbufer) hinterläßt 6,51 Proc. Asche, welche ebenfalls bedeutende Mengen von Gips enthält und folgende Zusammensetzung hat:

Schwefelsaurer Kalk .	26,42
Kohlensaurer Kalk .	30,93
Aetzkalk	17,22
Eisenoxyd	20,67
Thonerde	1,23
Natron	1,86
Kali	1,67
	100,00

Bei Vergleichung der Asche der Schönfelder Kohle mit der Prießner zeigte sich der wesentliche Unterschied, daß erstere keine Kohlensäure, dafür aber 55 Proc. Kieselsäure enthielt; die übrigen Bestandtheile waren qualitativ dieselben.

Die Asche der Steinkohle muß in Folge der Entstehung und des Alters dieses Brennmateriales eine noch weniger günstig auf das Pflanzenwachsthum wirkende Zusammensetzung haben; in der That besteht z. B. die Asche der Steinkohle aus dem Plauenschen Grunde fast ausschließlich aus Eisenoxyd, Thonerde und Kieselsäure; nur wo schwefelsaurer und kohlensaurer Kalk in einigermaßen bedeutender Menge hinzutritt, und außerdem ein Theil der Kieselsäure die Fähigkeit hat, in die auflösliche Modification überzugehen, vermag diese Asche den Graswuchs der Wiesen zu befördern; in der Regel jedoch verhält sich dieselbe ganz indifferent, wo sie nicht etwa zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften des Bodens beiträgt, zuweilen kann sogar der große Eisengehalt dem Gedeihen der Pflanzen nachtheilig werden. Zusammensetzung der Steinkohlenasche.

Die große Menge des gebrannten Thones, welche in der Regel der Steinkohlenasche beigemengt ist, bewirkt oftmals eine günstige Verbesserung des zähen, kalten, thonigen Wiesen- oder Ackerbodens. Eine Steinkohlenasche von sehr guter Qualität, von St. Etienne, enthielt:

Thon, unauflöslich in Säuren .	62,0
Thonerde	5,0
Kalkerde	6,0
Magnesia	8,0
Manganoxyd	3,0
Eisenoxyd und Schwefeleisen .	16,0
	100,0

Die Steinkohlenaschen enthalten außerdem noch sehr kleine Mengen von auflöslichen Alkalien, deren Quantität bei der Untersuchung einer Sorte fast ein Procent in der ganzen Asche betrug.

10. Der Asche ähnlich zusammengesetzte Fabrik-Rückstände.

Zusammensetzung und Wirkungsart der Seifensiederasche.

Die Seifensiederasche wird als ein mit Recht beliebtes Düngmittel vielfach angewendet; man sollte diesen Rückstand von der Seifenfabrikation stets in möglichst großer Quantität für landwirthschaftliche Zwecke benutzen, indem derselbe das Wachsthum der Wiesengräser zu befördern im Stande ist und außerdem auch als Dünger für Kartoffeln, Runkelrüben und überhaupt allenthalben gute Dienste leistet, wo auch der Kalk Anwendung zu finden pflegt, welcher letztere jedoch von der Seifensiederasche in seiner Wirkung gewöhnlich übertroffen wird. Dieses Düngmittel wird bekanntlich in den Seifensiedereien als Nebenprodukt gewonnen, wo zur Darstellung der Lauge aus Holzasche oder überhaupt kalihaltigen Substanzen der Aetzkalk Anwendung findet; die Seifensiederasche muß daher außer feinzertheiltem kohlensaurem Kalke und einer gewissen Menge alkalischer, der Auflösung entgangener Stoffe, hauptsächlich den phosphorsauren Kalk der vegetabilischen Asche enthalten und es erklärt sich hieraus zum Theil die günstige Wirkung dieses Rückstandes. Eine von mir untersuchte Seifensiederasche, welche noch sehr feucht war, nämlich 38,55 Proc. Wasser enthielt, jedoch schon ein Jahr lang der Berührung mit der Atmossphäre ausgesetzt gewesen war, zeigte nach dem scharfen Trocknen folgende Zusammensetzung:

Kohlensaurer Kalk	41,55
Phosphorsaurer Kalk, nebst etwas Thonerde und Eisenoxyd . .	11,30
Auflösliche Kieselerde . . .	3,25
Magnesia	2,55
Kali	0,74
Sand und Thon	36,16
Organische, humusartige und etwas stickstoffhaltige Substanz .	4,61
	100,16

Kartoffeln, von denen jede etwa mit 40 Grm. dieses Düngers bestreut worden war, lieferten eine ebenso reichliche Ernte, als die, welche in Stalldünger waren gelegt worden.

Andere düngende Rückstände erhält man bei der Darstellung von Eisenvitriol und Alaun aus den schwefelkieshaltigen Braunkohlen und in einigen Gegenden sogar aus dem Torf (Vitriolasche und Alaunasche). Für die Darstellung dieser Fabrikate wird die Braunkohle oder der Eisenkiestorf in Haufen aufgeschichtet einer langsamen Verbrennung ausgesetzt, wodurch man eine graue noch kohlehaltige Asche gewinnt, welche nach dem Auslaugen mit Wasser, namentlich in Frankreich, als ein auf Wiesen, Weiden und Aeckern wirksames Düngmittel vielfach angewendet wird. Die günstige Wirkung dieses Rückstandes scheint nicht allein in seinen mineralischen Bestandtheilen, wie besonders in dem schwefelsauren Kalke, welchen er häufig enthält, begründet zu sein, sondern wohl großentheils seinem bedeutenden Gehalte an Stickstoff (in der Form von Ammoniak) zugeschrieben werden zu müssen, da die Menge dieses für die Pflanzen so wichtigen Nahrungsmittels ½ Proc., ja in einigen Sorten sogar über 2 Proc. beträgt. Man muß annehmen, daß der ursprünglich in der Humussubstanz schon vorhandene, chemisch gebundene Stickstoff bei der langsamen und unvollständigen Verbrennung in Ammoniak sich verwandelt und dieses von der zurückbleibenden porösen Kohle festgehalten wird, bis es unter dem lösenden Einfluß der Feuchtigkeit und des Sauerstoffes der Atmosphäre freigemacht wird und in den Organismus der Pflanze übergehen kann. Wirkung der Vitriol- und Alaunasche.

Ganz ähnlich, wie wir hier bei einer unvollkommnen Verbrennung beträchtliche Mengen von Ammoniak in dem Produkte zurückbleiben sehen, geschieht dieses auch bei der Verbrennung von Holz, Torf, Der Ofenruß als Düngmittel.

Braun- und Steinkohle im Ofen oder Kamin, wo nämlich in dem Ruß oder in der nicht völlig verbrannten vegetabilischen Substanz stets eine nicht unbedeutende Quantität von Ammoniak zurückgehalten wird, wodurch die überaus günstige Einwirkung dieser Substanz auf die Vegetation sich erklärt, ein Einfluß, welcher durch die gleichzeitige Gegenwart von auflöslichen Salzen der Alkalien und Erden noch erhöht wird. Die folgende von Braconnot ausgeführte Analyse von Holzruß zeigt eine Zusammensetzung, woraus der hohe Werth dieses Düngmittels augenscheinlich sich ergiebt:

Ulminsäure (Humus)	30,0
Stickstoffhaltige, in Wasser auflösliche Materie	20,0
Unauflösliche kohlige Substanz	3,9
Kieselerde	1,0
Kohlensaure Kalkerde	14,7
Schwefelsaure Kalkerde	5,0
Phosphorsaure eisenhaltige Kalkerde . .	1,5
Chlorkalium	0,4
Essigsaure Kalkerde	5,7
Essigsaures Kali	4,1
Essigsaure Magnesia	0,5
Essigsaures Ammoniak	0,2
Ein scharfer und bitterer Stoff	0,5
Wasser	12,5
	100,0

Anderweitige Untersuchungen haben im Holzruß 1,31 und im Steinkohlenruß sogar 1,59 Proc. Stickstoff nachgewiesen; der letztere hat, wahrscheinlich in Folge des höheren Stickstoffgehaltes, in der Praxis sich wirksamer gezeigt als der Holzruß. Man hat durch Ueberdüngung mit Ruß bei Klee, sowie bei jungen Weizen- und Rapssaaten einen sehr günstigen Erfolg beobachtet.

Ammoniakhaltige Gaswasser.

Unter den Destillationsprodukten der Steinkohlen, namentlich in den Gasfabriken, sammelt sich bei geeigneter Vorrichtung eine beträchtliche Menge einer wässerigen Flüssigkeit an, welche außer einigen theerartigen Stoffen vorzugsweise eine große Menge von schwefelsaurem und kohlensaurem Ammoniak aufgelöst enthält, so daß dieselbe als eine Auflösung dieser Salze angesehen werden kann, welche als solche natürlich eine große düngende Kraft besitzen muß; da diese ammoniakalischen Wasser

der Gasfabriken ganz ähnliche Wirkung auf die Vegetation ausüben müssen, wie die reinen Ammoniaksalze selbst, so habe ich derselben schon oben, als von den letzteren ausführlich die Rede war, Erwähnung gethan, und ich kann daher hier auf das dort Gesagte verweisen.

Die Operation des Rasenbrennens wird hauptsächlich da vorgenommen, wo man die Absicht hat, die physikalische Beschaffenheit eines sauren Moorbodens oder eines kalten Thonbodens zur Ernährung nutzbarer Pflanzen mehr geeignet zu machen, und würde deswegen in diesem Kapitel keine Erwähnung verdienen, wenn nicht eben durch diese Operation eine Erscheinung hervorgebracht würde, welche mit der Ansammlung von Stickstoff in der Alaun- und Vitriolasche in naher Beziehung steht. Man hat die Beobachtung gemacht, daß ähnlich wie bei einer vollständigen Verbrennung der Vitriolasche der größte Theil ihrer düngenden Kraft verschwindet, so auch das Brennen der Rasen so geleitet werden muß, daß die zurückbleibende Asche eine schwärzlich-graue Farbe behält und noch reich ist an kohligen Theilchen. Bei dem Verbrennen der sehr stickstoffarmen vegetabilischen Masse wird aus dem vorhandenen Stickstoff Ammoniak gebildet, welches zum Theil schon von der porösen Pflanzenkohle im Boden zurückgehalten, zum Theil aber auch, wenn auch schon verflüchtigt, nach der Abkühlung des Erdbodens aus der umgebenden Atmosphäre wahrscheinlich wiederum absorbirt wird, da offenbar auch das schon vorher in der Atmosphäre vorhandene Ammoniak nun gleichfalls von der aufgelockerten und kohlehaltigen Erde angezogen und zurückgehalten werden muß. Es wird also durch das Rasenbrennen gleichsam eine Concentration des Ammoniaks an der Oberfläche der Ackerkrume bewirkt, durch welche das oft so schnelle und üppige Hervorkeimen der in ihren Wurzeln unbeschädigt gebliebenen Pflanzen sich erklären läßt, während zu gleicher Zeit die jetzt von der Pflanze aufnehmbaren alkalischen Salze ihre düngende Wirkung äußern.

Theorie des Rasenbrennens.

11. Der Liebig'sche Patentdünger.

Als von der Ernährung der Pflanzen im Allgemeinen die Rede war, habe ich als Thatsache festgestellt, daß der Humus kein direktes Nahrungsmittel ist, daß die Pflanze in einem völlig humus- und stickstoffreien Boden zur vollständigen Reife gelangen kann; in der Bodenkunde habe ich dagegen ausführlich die große, wenn auch mittelbare Bedeutung des Humus für die Erhöhung der Fruchtbarkeit des Feldes

Kurzer Rückblick auf die Ernährung der Pflanze.

nachgewiesen und gezeigt, daß die physikalische Beschaffenheit eines Bodens für die Beurtheilung seiner Güte in gleich hohem Grade zu berücksichtigen sei, wie die chemischen Bestandtheile und daß eben in den vorzugsweise durch den Humus bestimmten oder modificirten physikalischen Eigenschaften die Ursache liege, weswegen im Großen die Cultur von Früchten auf völlig humuslosem Boden nicht mehr eine lohnende sei; wenn es möglich wäre, daß einer Ackerkrume der nöthige Grad der Lockerheit und des Zusammenhanges, der wasser- und wärmehaltenden Kraft, der Fähigkeit, Feuchtigkeit, Ammoniak und Kohlensäure aus der Luft in hinreichender Menge zu absorbiren, auch ohne Humus mitgetheilt werden könnte, so wäre man ohne Zweifel auch im Stande, auf völlig humusfreiem Sand- und Thonboden, der nur die nöthige Menge von Mineralverbindungen enthielte, ebenso reiche Ernten zu erzielen als mittelst der, nach unseren jetzigen Begriffen fruchtbarsten Bodenarten, denen niemals der Humus gänzlich fehlen darf. In dem von der Theorie des Düngers handelnden Kapitel finden wir die so eben angedeuteten Ideen durch die Resultate weiterer Versuche und Betrachtungen noch mehr begründet, die Bedeutung des Stickstoffes, der Pflanzenfaser (Humus) und der mineralischen Salze für das Wachsthum der Pflanzen für sich allein, wie in ihrem Zusammenwirken im gewöhnlichen Dünger näher erörtert und wir haben uns, gestützt auf praktische Erfahrung, wie auf die Grundsätze der Wissenschaft, zu der Ansicht hingeneigt, daß für unsere klimatischen und überhaupt ackerbaulichen Verhältnisse dem Stickstoffe vor allen anderen Bestandtheilen des Düngers die wichtigste Rolle zuertheilt werden müsse, und daß endlich die Mineralsalze allein, wenn sie auch je nach der physikalischen Beschaffenheit und den Mengenverhältnissen der bereits in dem Boden vorhandenen pflanzenernährenden Mineralstoffe eine mehr oder weniger günstige Wirkung ausübten, dennoch aber niemals den stickstoffhaltigen Stall- oder Hofdünger in jeder Hinsicht und vollkommen zu ersetzen im Stande sein möchten.

Beschaffenheit des Liebig'schen Patentdüngers.

Liebig hat vor einigen Jahren die Anwendung eines Mineraldüngers empfohlen, dessen Bereitung und Zusammensetzung auf dem Grundsatz basirt war, durch denselben einer jeden Pflanze in einem ihr zusagenden und assimilirbaren Zustande Mineralverbindungen zuzuführen und zwar in einem solchen Verhältnisse, wie die Analyse ihrer Asche ergab, wenn die Pflanze unter günstigen Boden- und Witterungsverhältnissen zur vollkommnen Ausbildung gelangt war. Auf diese Weise

wurden fabrikmäßig Düngmittel bereitet von verschiedener Zusammensetzung, je nachdem sie zur Cultur von Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Kartoffeln, Rüben, Erbsen, Bohnen, Tabak, von Wiesengräsern u. s. w. dienen sollten. Beispielsweise führe ich die Zusammensetzung und Bereitung des für Weizenfelder bestimmten Düngers an:

a. 6 Th. Kalikalk (durch Zusammenschmelzen von 5 Th. Kalk mit 2 Th. Pottasche erhalten),
b. 1 Th. phosphorsaurer Kali-Natron-Kalk (durch Zusammenschmelzen von gleichen Theilen phosphorsaurem Kalk, Pottasche und Soda erhalten),
c. 2 Th. Gips,
d. 1 Th. gebrannte Knochen,
e. so viel kieselsaures Kali, daß es 6 Th. Kieselerde enthält, und
f. 1 Th. phosphorsaures Magnesia-Ammoniak.

Die Rezepte für andere Pflanzen enthalten gleiche Bestandtheile, unterscheiden sich nur durch veränderte Quantitäten; so werden z. B. für Bohnen 14 Th. von a, 2 Th. von b, 1 Th. Kochsalz, 2 Th. Gips, 1 Th. von f und etwas weniger von e genommen.

Die Wirkung dieser und ähnlicher Düngmittel muß nach den von mir in der Theorie des Düngers ausgesprochenen Grundsätzen eine sehr verschiedene sein, je nachdem die Boden- und wahrscheinlich auch die klimatischen Verhältnisse dieselben mehr oder weniger unterstützen. Ich habe bereits oben durch Versuche nachgewiesen, daß die einzelnen auflöslichen Mineralsalze unter verschiedenen äußeren Umständen auch in sehr abweichenden Quantitäten angewendet werden müssen, wenn eine gleiche Vermehrung der Ernte erzielt werden soll, daß es Bodenverhältnisse giebt, unter welchen eine schon sehr geringe Quantität des Mineraldüngers einen dem Wachsthum der Pflanzen nachtheiligen Einfluß äußert, während dieselbe Menge, einer anderen Ackerkrume beigemischt, überaus günstig einwirkt. Aus der hier angedeuteten Ursache sahen wir bei einem Versuche einen Mineraldünger, welcher dem Liebig'schen ähnlich zusammengesetzt war, das eine Mal die Produktion von Kartoffeln und Gerste bedeutend befördern, während ein anderes Mal der Erfolg kein besonders günstiger war. Auch der Liebig'sche Patentdünger hat überaus abweichende Resultate bei seiner Anwendung im Großen, wie im Kleinen geliefert, und es scheint sogar aus zahlreichen Versuchen hervorzugehen, daß der ungünstige Erfolg häufiger noch eintrat als der günstige. Wenigstens war dieses im Königreiche

Wirkung des Patentdüngers.

Sachsen der Fall, wo auf Veranlassung des landwirthschaftlichen Hauptvereins in den Jahren 1845 bis 1846 auf 18 verschiedenen Gütern hieher gehörige Versuche angestellt wurden. Die Resultate einiger der mit hinreichender Genauigkeit angestellten Versuche findet man in der folgenden Tabelle zusammengestellt und der leichteren Uebersicht wegen die Dünger- wie die Erntemengen sämmtlich auf Kil. und auf die Fläche eines Hectare berechnet. Die einzelnen Versuche selbst wurden auf kleineren Flächen (von 20 bis 50 Quadratruthen) angestellt:

Resultate der Versuche mit dem Liebig'schen Dünger in Sachsen.

Versuche.	Quantität des Düngers auf 1 Hectare.	Körner.	Stroh, Spreu u. Ueberkehr.	Verhältniß der Körner zum Stroh.	Ungedüngt = 100. Körner.	Ungedüngt = 100. Stroh.
Nr. 1 Winterroggen.	Kil.	Kil.	Kil.			
a. Kuhmist	64800	1490	4039	1:2,71	164	187
b. Mineraldünger	540	1253	3067	1:2,61	138	142
c. Ungedüngt	—	907	2160	1:2,38	100	100
„ 2 Sommerweizen.						
a. Mineraldünger	325	1444	2273	1:1,57	86	88
b. Ungedüngt	—	1685	2570	1:1,53	100	100
„ 3 Schott. Anatgerste						
a. Mineraldünger	1020	1703	3968	1:2,32	83	132
b. Ungedüngt	—	2046	2992	1:1,45	100	100
„ 4 Chevaliergerste.						
a. Mineraldünger	676	1428	1949	1:1,37	130	119
b. Ungedüngt	—	1096	1636	1:1,50	100	100
„ 5 Gerste.						
a. Kuhmist	15187	3834	3848	1:1,00	112	114
b. Mineraldünger	270	3321	3578	1:1,08	98	106
c. Kalk	320	2363	2754	1:1,17	69	83
d. Guano	270	3065	3375	1:1,10	89	100
e. Ungedüngt	—	3429	3375	1:0,98	100	100

Andere Versuche haben nach den Mittheilungen der Beobachter zum größeren Theile keine deutlichen Resultate zu Gunsten des Liebig'schen Düngmittels geliefert; da jedoch keine genauen Zahlenverhältnisse angegeben sind, so können dieselben für die hier zu lösende Frage auch nicht entscheidend sein. Ich erwähne hier noch der Bodenverhältnisse, unter welchen die in ihren Resultaten tabellarisch zusammengestellten Versuche ausgeführt wurden. Nr. 1 wurde auf dem Gute Giesenstein angestellt auf einem sandigen Lehmboden, welcher als Vorfrucht 1844 gedüngten Weizen und 1845 Kartoffeln getragen hatte. Nr. 2 bis 4 sind auf dem akademischen Gute bei Tharandt von Schweitzer angeordnet worden: der Boden zu Nr. 2 ist aus verwittertem Grünstein und Thonschiefer entstanden, ziemlich gebunden und kalt, die Ackerkrume 7—8 Zoll tief, der Untergrund wenig durchlassend, die Cultur gut;

1844 war zu Kohl gedüngt worden, 1845 der Acker mit Kartoffeln bestellt gewesen. Nr. 3 hatte nur einen mehr durchlassenden Untergrund, sonst waren alle Verhältnisse dieselben; im Frühjahr 1845 war stark gedüngt und das Feld mit Kohl bepflanzt worden; bei Nr. 4 war, bei sonst gleicher Bodenbeschaffenheit, die Kraft und der Culturzustand ein geringerer, der Untergrund weniger durchlassend, die Vorfrucht gedüngte Kartoffeln. Die Versuche Nr. 5 sind von Crusius auf Sahlis mitgetheilt; sie waren auf einem, im Herbst 1844 nach Samenklee zu Winterroggen gedüngtem Felde, das 1560 Kil. Körner auf 1 Hectare getragen hatte, angestellt; der Boden war ein sandiger Lehmboden mit durchlassendem, etwas thonigem Untergrunde und ergab sich bei der chemischen Untersuchung als reichlich mit allen zur Pflanzenernährung nöthigen Mineralstoffen versehen.

Da ich nicht die Absicht habe, auf den Liebig'schen Dünger und dessen Wirksamkeit bei der Cultur verschiedener Früchte später wiederum zurückzukommen, so theile ich hier noch die Resultate der Versuche mit, welche mit diesem Düngmittel im Sommer 1846 in vielen Gegenden des preußischen Staates unter abweichenden Bodenverhältnissen ausgeführt worden sind.*) Resultate der Versuche mit dem Liebig'schen Dünger in Preußen.

Art der Anwendung.	Ertrag pro Hectare bei Anwendung von Liebig's Dünger;		keinem Dünger;		anderem Dünger.	
	I. Runkelrüben.					
	Kil.		Kil.		Kil.	
1. Ueberstreut u. eingeharkt	23,322		19,135		27,540. Compostdünger.	
2. Lochdüngung . .	24,250		„		26,683. „	
	II. Hafer.					
	Körner.	Stroh.	Körner.	Stroh.	Körner.	Stroh.
3. Ueberstreut und eingeeggt	245	527	355	758	499	1080
4. Desgleichen . .	895	1067	626	843		
5. Desgleichen . .	955	953	1068	1550		
6. Untergepflügt .	1057	1690	988	1690		
	III. Gerste.					
	Körner.	Stroh.	Körner.	Stroh.		
7. Nach der gedruckten Anweisung . .	1210	1194	1054	1155		
8. Desgleichen . .	1930		1737			
9. Untergepflügt .	2312	2670	2266	2598		

*) Bei der Angabe der Stroherträge ist die Spreu stets mit eingerechnet.

Art der Anwendung.	Ertrag pro Hectare bei Anwendung von Liebig's Dünger;	keinem Dünger;	anderem Dünger.	
IV. Sommerroggen.	Körner. Stroh.	Körner. Stroh.		
10. .	1090 3446	1137 3601		
11. Ueberstreut mit 200 Kil. . . .	943 2539	1195 3521		
überstr. mit 100 Kil.	1014 2800			
V. Erbsen.	Körner. Stroh.	Körner. Stroh.	Körner. Stroh.	
12. Ueberstreut . .	1195 6456		1047 7388.	Rindviehdünger.
VI. Kartoffeln.	Kil.	Kil.	Kil.	
13. In die Furche, auf die Knollen gestreut	8687	11099	16409.	Rindviehdünger.
14. Nach der gedruckten Anweisung . .	6220	5259	9102.	„
15. In die Furche auf die Knollen gestreut	15210	19300		
16. Lochdüngung .	14738	16087	20390.	„
17. Nach der gedruckten Anweisung . . .	8476	11702		
18. Ueberstreut . .	11302		11356.	Schafmist.
19. Gemgt. mit 1 Berl. Scheffel Torfmüll auf die Knollen gestreut	3728	5703	5595.	1 Scheffel Torfmüll.
20. Desgleichen . .	4387	8555	8775.	„
21. Auf die Knollen gestreut	16600	16154		

Bemerkungen über die betreffenden Boden- und Culturverhältnisse.

Die beobachteten Boden-, Culturverhältnisse &c. sind in dem Folgenden näher angedeutet:

1. Vorfrucht (1845) Runkeln mit zwischengepflanzten Steckrüben, dazu mit Schafmist gedüngt. Lehmiger Sandboden, guter Haferboden. $^1/_3$ Morgen wurde mit 6 Fuder Compostdünger befahren, $^1/_3$ mit 125 Pfd. Liebig'schem Düngers behandelt, welcher auf die Dämme vertheilt und eingeharkt wurde. Die Kerne der Runkeln wurden gesteckt.

2. 29 Rücken zu 30 Ruthen Länge oder 158 Quadratruthen wurden mit 89 Pfd. Liebig'schen Dünger überstreut. Die Pflanzen (aus den Kernen) gingen später und ungleichmäßiger auf und es zeigten sich nachmals viele Fehlstellen; die zur Entwicklung gekommenen Pflanzen waren dagegen auffallend üppig im Blätterwuchse.

3. Sandboden mit wenig Lehm, längere Zeit ungedüngt. Die im Laufe des Sommers herrschende Trockenheit zeigte bei der späten Aus-

saat (28. Mai), hoher Lage und leichtem Boden ihren Einfluß. Allenthalben stand der Hafer nur dürftig, doch zeichnete sich der in Rindviehdünger gesäete in allen Vegetationsperioden aus.

4. Schwacher Gersteboden bis Haferland. Vorfrucht ungedüngte Kartoffeln, die in Brachroggenstoppel standen. Am 18. April 1½ Centner des Liebig'schen Düngers auf 1 Morgen ausgestreut und eingeeggt.

5. Sandiger Lehmboden; Vorfrucht gedüngter Roggen. Auf 75 Quadratruthen 105 Pfd. des Liebig'schen Düngers ausgestreut.

6. Lehmiger Sandboden, Haferland. ½ Sack des Liebig'schen Düngers auf 40 Quadratruthen ausgestreut. Die Witterung war im Laufe des Sommers sehr trocken und es hatte die Saat, obgleich sie ganz gut aufging, doch sehr mit der Dürre zu kämpfen.

7. Weizenboden 2. Klasse; Vorfrucht gedüngte Rüben.

8. Milder, humoser Lehmboden; Vorfrucht gedüngte Sommerrübsen; von dem zu gleichen Theilen aus Kuh- und Pferdedung bestehendem Miste wurden 150 Centner pro Morgen verwendet; 1 Sack Liebig'scher Dünger wurde auf $^{10}/_{11}$ eines Morgens ausgestreut (nach Vorschrift).

9. Gersteland 1. Klasse; Vorfrucht Kartoffeln in zweiter Tracht; auf 40 Quadratruthen ½ Sack Liebig'scher Dünger gestreut.

10. Leichter Sandboden.

11. Ganz schwaches Gersteland bis Haferland. Vorfrucht: gedüngte 3jährige angesäete Dreischweide.

12. Gersteland 2. Klasse; Vorfrucht: Winterung in zweiter Tracht. Auf 70 ⅖ Quadratruthen wurde 1 Sack Liebig'scher Dünger ausgestreut und mit den Erbsen zusammen untergepflügt. Das andere Stück erhielt 3 Fuder Rindviehdünger, pro Fuder etwa 18 Centner.

13. Sandboden mit wenig Lehm; 80 Quadratruthen mit 4 Fuder mürbem Rindviehdünger gedüngt. Auffallend schlecht gingen die Kartoffeln in dem Liebig'schen Dünger auf; es war dies die einzige Fläche, wo viele Kartoffeln gar nicht aufgingen.

14. Gersteboden 2. Klasse. $^{8}/_{9}$ eines halben Morgens mit 2 Sack Liebig'schem Dünger für Kartoffeln gedüngt, eine gleiche Fläche mit 85 Centner Kuhdung behandelt.

15. Ganz schwaches Gerste- bis Haferland, derselbe Boden wie im Versuche 4. Vorfrucht: gedüngter Brachroggen. Auf jede Kartoffel wurde ein Häufchen Dünger geworfen, so daß mit 5 Centnern 2 Morgen und 3 Ruthen bedüngt wurden. Es fand sich bei der Ernte das Düngepulver noch deutlich erkennbar vor, was die große Dürre leicht

erklärt, da die Kartoffeln während der ganzen Vegetationszeit so gut wie ohne Regen blieben.

16. Sandiger Lehmboden. Vorfrucht: Roggen ohne Dünger, nach zweijähriger Weide; auf 90 Quadratruthen wurden 212 Pfd. Liebig'scher Dünger, auf jede Kartoffel eine gleiche Menge gestreut. Im Liebig'schen Dünger zeigten sich bei der Ernte viele kranke Kartoffeln.

17. Milder, humoser Lehmboden.

18. Leichter Sandboden. $1/2$ Morgen wurde mit 24 Centner Schafmist gedüngt, $1/2$ Morgen mit dem Liebig'schen Dünger. Die Kartoffeln waren auf dem ganzen Schlage mehr oder weniger schorfig, vorzugsweise aber auf dem mit Liebig'schem Dünger überstreuten Lande. Während der ganzen Vegetationszeit fehlte der Regen in ungewöhnlichem Grade.

19. Derselbe Acker, wie Nr. 7. Im Liebig'schen Dünger gingen die Kartoffeln sehr spät und zum Theil gar nicht auf.

20. Derselbe Boden, aber als Vorfrucht: nach Kleeroggen Kartoffeln, wozu im Winter gedüngt war; im Liebig'schen Dünger ging nicht die Hälfte der Kartoffeln auf.

21. Haferland 1. Klasse, in zweiter Tracht nach Winterung; auf $78^2/_9$ Quadratruthen wurden 2 Sack Liebig'scher Dünger in die Furchen auf die Kartoffeln gestreut.

Folgerungen aus den angeführten Versuchsresultaten.

Betrachten wir nun die Wirkung des Liebig'schen Patentdüngers in den obigen Versuchen, so können wir offenbar nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob dieses Düngmittel günstig oder schädlich oder endlich ganz indifferent gegen das Wachsthum der Pflanze sich verhalte; denn diese Versuche sind unter Verhältnissen angestellt worden, welche die Resultate nicht in allen Fällen hinreichend klar werden lassen, da selbst der Kuhmist in einigen Fällen nur einen fast verschwindenden Mehrertrag der Ernte lieferte und sogar der Guano sich völlig indifferent verhielt; jedenfalls war in diesen Fällen schon so viel Kraft im Boden enthalten, daß ein Ueberschuß von düngenden Substanzen keine hinreichend deutliche Wirkung mehr hervorbrachte. Außerdem wurde der Dünger bei der Mehrzahl der Versuche erst im Frühjahr zur Sommerfrucht aufgebracht, und es ist bekannt, daß sehr viele Düngstoffe nur dann ihre ganze Wirkung äußern, wenn sie schon im Herbste und während des Winters innig mit den Bestandtheilen der Ackerkrume sich vermischen können. Jedoch läßt sich aus den hier mitgetheilten Versuchen,

so wie aus vielseitig anderswo angestellten Beobachtungen und Erfahrungen mit ziemlicher Bestimmtheit schließen, daß im Allgemeinen der Liebig'sche Dünger keine hinreichende Garantie für seine Wirkung darbiete, wenigstens diese Wirkung in den meisten Fällen nicht mit derjenigen anderer Düngmittel und vorzugsweise nicht mit dem nöthigen Kostenaufwande in einem passenden Verhältnisse stehe. Ich will aber keineswegs abläugnen, daß das in Rede stehende Düngmittel auf gewissen Bodenarten, wie in einer humosen sandigen Ackerkrume, bei nicht zu trockener Witterung günstigen und lohnenden Erfolg gewähre, und ferner daß man in Zukunft vielleicht auf ähnlichem Wege, wie Liebig vorgeschlagen hat, dahin gelange, einer jeden bestimmten Pflanze die ihr zusagende Nahrung zuzuführen. Gegenwärtig sind für die praktische Landwirthschaft die stickstoffhaltigen animalischen Düngmittel noch unentbehrlich, da deren günstiger Erfolg mit Sicherheit sich voraussehen läßt, alle mineralischen Stoffe sind aber nur als oft nützlicher Beidünger anzusehen und nicht im Stande, den thierischen Mist vollständig zu ersetzen. Liebig selbst hat in neuerer Zeit zu dem Ausspruch sich veranlaßt gesehen, daß man noch nicht die Quantität und den Zustand der Mineralstoffe genau feststellen könne, welche unter bestimmten klimatischen und Bodenverhältnissen dem Wachsthum der Pflanze besonders günstig wären, und daß man zunächst sich damit begnügen müsse, den uns von der Natur dargebotenen thierischen Dünger in eine solche Form zu bringen, daß die wirkenden Bestandtheile mit ihrer ganzen Kraft thätig würden, ohne daß eine größere oder geringere Menge derselben für die Erzeugung bestimmter organischer Substanzen verloren ginge.

12. Samendünger.

Allgemeine Betrachtungen über Werth und Bedeutung des Samendüngers.

Unter Samendünger verstehe ich eine Substanz, durch welche man, bei Anwendung einer geringen Quantität und mit verhältnißmäßig unbedeutendem Kostenaufwande, die bereits im Boden befindliche Kraft oder die nährenden Bestandtheile der Ackerkrume und der Atmosphäre zu einem schnelleren Uebergange in die Pflanze geneigt machen und somit die letztere selbst bestimmen kann, in allen ihren Theilen eine höhere Stufe der Entwicklung zu erreichen. Mit keinem anderen Düngmittel ist die Leichtgläubigkeit des Praktikers so oft benutzt worden als mit dem sogenannten Samendünger, und es zeigt sich hier recht deutlich die

Wahrheit der Behauptung, daß Wissenschaft auch materieller Reichthum sei, denn eine gründliche Einsicht in die Lehre von der Ernährung der Pflanzen giebt uns den sichersten Schutz gegen die Gefahr betrogen zu werden und befähigt uns, über ein solches angepriesenes und selbst mit zahlreichen scheinbar bestätigenden Zeugnissen ausgerüstetes Geheimmittel ein selbstständiges Urtheil zu fällen. Ehe ich auf die Betrachtung einiger dieser in neuester Zeit ausgebotener Fabrikate eingehe, möchte es nicht überflüssig sein, einige allgemeinere Bemerkungen vorauszuschicken, welche den Erfolg näher zu bezeichnen geeignet sein werden, den wir, meiner Ansicht zufolge, überhaupt von einer Samendüngung in der Gegenwart, wie in der Zukunft, zu erwarten haben.

Der Samendünger kann andere Düngmittel nicht überflüssig machen.

Wo in der Natur ein neuer Körper gebildet wird, sei es durch das Mittel der den Organismen eigenthümlichen Lebensthätigkeit oder der überall wirksamen rein chemischen Reaction, da sind stets die Elementarbestandtheile des neu erzeugten Körpers schon früher, nur in einer anderen Form und Verbindung, vorhanden gewesen; sie haben sich zur Erzeugung neuer Gebilde auf eine andere Weise neben einander geordnet. Nirgends in der Natur kann aus Nichts Etwas entstehen, ebenso wenig wie bei der Auflösung und Zerstörung eines vorhandenen Körpers eine Spur seiner Bestandtheile verloren geht, sie nehmen wiederum nur eine andere Gestalt an. Die einfachen Elementarstoffe können nicht in einander übergehen, keine gegenseitige Umwandlung erleiden, Sauerstoff kann nicht zu Wasserstoff, Kalkerde nicht zu Magnesia werden, die gasförmigen Bestandtheile der Atmosphäre nicht in die Metalle der Alkalien oder Erden sich verwandeln; weder Electricität, noch Magnetismus, noch die katalytische Kraft oder irgend eine andere der Naturkräfte ist im Stande eine solche Umwandlung zu bewirken. Dieses muß als Grundsatz überall festgehalten werden und nur mit demselben ausgerüstet dürfen wir die Naturerscheinungen zu erklären versuchen. Ich habe bereits mehrfach darauf hingewiesen, daß die Pflanze die zur Erzeugung ihrer organischen Masse erforderlichen Nahrungsstoffe nöthigenfalls zwar allein der Atmosphäre entnehmen kann, daß sie aber weit üppiger und vollständiger sich entwickelt, wenn ihr dieselben Stoffe gleichzeitig in reichlicher Menge aus den Bestandtheilen des Bodens dargeboten werden; ja es steht wohl fest, daß die Pflanze den Grad der Ausbildung, welcher in der Cultur erstrebt und gewünscht wird, unter den Verhältnissen, denen die landwirthschaftliche Praxis bei uns ausgesetzt ist, nur dann erreichen kann, wenn sie jene Stoffe im Boden

bereits vorfindet. Aber auch angenommen, daß die Pflanze mit den zur Erzeugung ihrer vegetabilischen Masse nöthigen Nahrungsstoffen vollständig aus der atmosphärischen Luft sich zu versorgen im Stande wäre, so würde es doch nothwendig erscheinen, mit dem Samen zugleich die zur Entwicklung nöthigen Mineralstoffe in den Boden zu bringen, ein Verfahren, welches, wie wir gesehen haben, bei der Anwendung des Liebig'schen Patentdüngers beobachtet wird; hierzu sind aber für eine jährliche Ernte auf 1 Hectare etwa 300 Kil. erforderlich, eine Quantität, welche bei dem eigentlichen Samendünger nach den vorhandenen Vorschriften niemals angewendet wird. Es kann daher die Pflanze aus dem Samendünger keinenfalls die ganze ihr nöthige Nahrung entnehmen, nicht einmal hinsichtlich der Mineralstoffe, also noch viel weniger zur Erzeugung ihrer organischen Masse. Aus den hier angeführten Thatsachen kann man nun schon den Schluß ziehen, daß, wenn, wie es in der Regel der Fall ist, bei der Anpreisung eines neuen Samendüngers die Behauptung aufgestellt wird, durch denselben würde der gewöhnliche Dünger völlig überflüssig, es offenbar auf Betrug abgesehen ist; wenn nun außerdem gar noch die Hervorbringung einer weit höheren Fruchtbarkeit des Ackers bei Anwendung des Samendüngers angelobt, ja selbst die Culturfähigkeit von ödem Flugsande, von saurem Moor- und Haideboden in sichere Aussicht gestellt wird, so hat man um so mehr Ursache, hinter derartigen Anpreisungen betrügerische Absichten zu vermuthen und von der Wirkungsart des Düngmittels selbst nur sehr geringe Erwartungen zu hegen. Die Ankündigung einer neuen Samendüngung, wie von Düngmitteln überhaupt, ist nicht selten von Zeugnissen begleitet, die den Werth derselben bestätigen sollen und oft selbst von mit Recht sehr anerkannten praktischen Landwirthen ausgestellt sind, aber dennoch später als auf Irrthümern beruhend sich ergeben. Die Ursache dieser Irrthümer liegt in der Ungenauigkeit, mit welcher landwirthschaftliche Versuche leider so häufig ausgeführt werden, so daß man die Resultate der Versuche oft den angewendeten Düngmitteln zuschreibt, während sie doch in der That durch mannichfache äußere Umstände wesentlich modificirt worden sind. Außerdem sind dergleichen Testate fast stets nur in sehr allgemein gehaltenen Ausdrücken abgefaßt, und keineswegs, wie es doch nöthig wäre, mit genauen Zahlenverhältnissen über die Wirksamkeit des Düngmittels versehen; und endlich ist es natürlich, daß die Fabrikanten nur die günstig ausgefallenen Resultate der angestellten Versuche

mittheilen werden, die ungünstigen Urtheile aber mit Stillschweigen übergehen.

Vortheile einer zweckmäßigen Samendüngung.

Wenn ich im Vorhergehenden im Allgemeinen die Samendüngung, als ein Mittel, den Stall- oder Hofdünger entbehrlich zu machen, verworfen habe, so will ich derselben dagegen jetzt das Wort reden, insofern man mit ihrer Hülfe das Wachsthum der Pflanze, namentlich in ihrer Jugend, zu unterstützen beabsichtigt, und sie daher als eine Bei- oder Nebendüngung betrachtet, um die Wirksamkeit des Hauptdüngers noch mehr zu erhöhen. Ich hege die Ueberzeugung, daß eine zweckmäßige Samendüngung im hohen Grade die Entwicklung der Pflanze zu fördern vermag, und daß vielleicht eine Zeit kommen wird, wo man den Samen einer jeden Pflanzengattung oder wenigstens einer jeden Pflanzenfamilie vor seinem Ausstreuen einer besonderen Behandlung unterwirft. Bei einem guten, schnellen und gleichmäßigen Aufgehen der Saat ist schon die Ernte zur Hälfte gesichert, und wenn man dahin gelangt, durch geeignete Mittel die jugendliche Pflanze, welche mittelst der geringen Ausbildung ihrer Organe nur langsam und wenig Nahrung der Atmosphäre oder dem Erdboden entnehmen kann, in ihrem Wachsthum zu unterstützen, so wird man durch die Hervorbringung einer kräftigen jungen Pflanze dieselbe auch befähigen, später mit größerer Energie die nährenden Bodenbestandtheile sich anzueignen, vorausgesetzt natürlich, daß diese wirklich im Boden vorhanden sind, dieser also in der erforderlichen Kraft sich befindet. Diese Unterstützung aus ihrer nächsten Umgebung scheint die Pflanze vorzugsweise in dem Stadium ihres Lebens zu verlangen, wenn sie zur Bildung der ersten Keime die in dem Samenkorn aufgehäufte Nahrung absorbirt hat und nun aus dem Bereiche desselben als selbstständiges Individuum heraustritt. Wenn diese Voraussetzung, wie ich glaube, richtig ist, so würden die Bestandtheile eines wirksamen Samendüngers sich gleichsam von selbst ergeben, indem dieselben dann offenbar von der Art sein müßten, daß sie, denjenigen des Samenkornes selbst ähnlich, den Uebergang der aus dem letzteren entnommenen Nahrung zu der Nahrung der weiter entwickelten Pflanze zu vermitteln im Stande wären; es müßten also in dem Samendünger auf der einen Seite stickstoffhaltige Substanzen, auf der anderen Seite aber auch besonders die Verbindungen der Phosphorsäure mit den Alkalien und den alkalischen Erden enthalten sein, denn beiderlei Stoffe finden wir in den ersten Keimen verhältnißmäßig in noch größerer Menge angehäuft als in dem Samenkorne selbst und sie scheinen vor-

Bestandtheile eines guten Samendüngers.

zugsweise die junge Pflanze anzuregen, sich schnell und üppig zu entfalten. Der Salpeter, das salpetersaure Kali, ist schon vielfach als Samendünger, als ein Mittel angewendet worden, den Keimprozeß und namentlich das Wachsthum der jungen Pflanze zu beschleunigen. Der Salpeter enthält zwei wichtige pflanzenernährende Stoffe, nämlich chemisch gebundenen Stickstoff und Kali; nach Zusatz einer Phosphorsäureverbindung würden alle wesentlichen Bestandtheile eines guten Samendüngers zugegen sein. Liebig hat schon vor längerer Zeit die in Schwefelsäure aufgelösten Knochen als Samendünger in Vorschlag gebracht, nachdem die freie Säure durch Kalk oder durch kalireiche Asche abgestumpft worden wäre; es ist wahrscheinlich, daß dieses Gemenge guten Erfolg zeigen würde, welcher jedoch, wie es scheint, durch direkte Versuche bisher noch nicht festgestellt worden ist. Mit den oben entwickelten Grundsätzen in Uebereinstimmung sind auch sehr stickstoffhaltige thierische Flüssigkeiten, vorzugsweise Blut, vermischt mit Asche, Kalk, Guano ꝛc. als Samendünger angewendet worden. Bei allen diesen Mitteln, das Wachsthum der jungen Pflanze zu unterstützen, hat man stets zwei wesentliche Punkte zu berücksichtigen, zuerst nämlich, daß die Art der Behandlung des Samens mit dem betreffenden Düngmittel auch praktisch im Großen ausführbar sei, und sodann, daß der Dünger nicht gar zu hitzig und beizend wirke, indem in solchem Falle die Keimkraft, anstatt angeregt, völlig erstickt wird. In ersterer Hinsicht steht der Verbreitung und Anwendung eines zweckmäßigen Samendüngers die Unbequemlichkeit und oft auch Unannehmlichkeit entgegen, welche aus der Behandlung der Samenkörner mit einer flüssigen und kleberigen Masse entspringt, indem nach dieser Behandlung der Samen entweder zu lange, oft mehrere Tage, ausgebreitet liegen muß, um oberflächlich wieder abzutrocknen, oder gar die einzelnen Körner zusammenkleben, wodurch natürlich das gleichmäßige Ausstreuen auf den Acker mittelst der Hand oder mit der Säemaschine schwierig, zuweilen unmöglich wird. Sehr leicht faulende, stickstoffreiche Substanzen, wie Blut, Guano u. dgl., tragen unter geeigneten Umständen, namentlich bei nasser, kalter Witterung und in einem thonigen verschlossenen Boden, ihren eigenen Zustand der Fäulniß auf die organische Substanz des Samenkornes über, wodurch dann alle Lebensthätigkeit im Organismus vernichtet wird; man darf deshalb jene Stoffe nicht in einem gar zu concentrirten Zustande anwenden, sondern muß deren zu schleunige Zersetzung durch andere mehr indifferente Stoffe,

Anforderungen an einen guten Samendünger.

Die Samendüngung ist nur als Beidüngung anzusehen.

wie Asche, Gips rc. zu mäßigen suchen. Es wird deswegen eine Samendüngung auch niemals vollständig eine andere Düngung ersetzen können, weil man unmöglich eine so große Masse von Pflanzennahrung mit den Samenkörnern in eine hinreichend innige Berührung wird bringen können, um eine ganze Ernte oder nur einen großen Theil derselben mit den erforderlichen Nahrungsstoffen zu versorgen, vorausgesetzt immer, daß man unter Samendünger eine Substanz versteht, welche theils in das Innere des Samenkornes selbst hineindringt, theils aber an der Oberfläche desselben hängen bleibt, nicht aber vielleicht in Pulverform mit dem Samen trocken vermischt und mit demselben gleichzeitig ausgestreut wird; in dem letzteren Falle kann man natürlich jede beliebige Quantität des Düngmittels anwenden, welches jedoch im ersteren Falle schon aus rein mechanischen Gründen nicht möglich ist. Ich habe im Sommer 1850 mit der Gerste einige Versuche, freilich nur sehr im Kleinen, angestellt, um die Wirkung eines nach den angeführten Grundsätzen zusammengesetzten Samendüngers zu prüfen; die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, wobei zu bemerken ist, daß die Menge der angewendeten Düngmittel der leichteren Uebersicht wegen auf das Gewicht eines ganzen Hectoliters berechnet worden ist und ferner, daß die Samenkörner zuerst mit Blut übergossen und gut durchgerührt wurden, sodann der fein gepulverte peruanische Guano trocken überstreut und durchgemengt und schließlich die noch übrige Feuchtigkeit oder Klebrigkeit durch Anwendung einer genügenden Menge von Holz- und Torfasche möglichst beseitigt wurde.

Versuche mit Samendüngung.

Nr. des Versuches.	Menge der Düngmittel für 1 Hectoliter Körner. Blut.	Guano.	Menge des Stickstoffes in diesem Dünger.	Ernte auf einer Fläche von 3 □F. Stroh und Spreu.	Körner.
	Kil.	Kil.	Kil.	Grm.	Grm.
1.	0,0	0,0	0,0	54,3	36,3
2.	7,75	3,75	0,70	55,5	37,5
3.	31,00	15,00	2,76	64,5	41,3
4.	46,50	22,50	4,14	55,4	32,1
5.	62,00	30,00	5,52	56,8	37,5
6.	77,50	37,50	6,90	46,6	29,2
7.	93,00	45,00	8,28	17,8	11,5
8.	96,00	46,25	8,50	16,3	7,0

Nr. des Versuches.	Verhältniß zwischen Stroh u. Körnern.	Nr. 1=100 gesetzt. Stroh. Proc.	Körner. Proc.	Anzahl der Halme.	100 Halme wiegen. Grm.
1.	3 : 2	100	100	128	70,8
2.	3,01 : 2	102,2	103,3	104	89,4
3.	3,12 : 2	118,8	113,8	144	73,5
4.	3,45 : 2	102,0	88,4	111	78,8
5.	3,03 : 2	104,6	103,3	118	80,0
6.	3,16 : 2	85,8	81,3	90	84,6
7.	3,10 : 2	32,8	31,7	36	81,5
8.	4,66 : 2	30,0	19,3	27	86,3

Folgerungen aus den Versuchen.

Die Erträge sind in allen Versuchen verhältnißmäßig sehr niedrig, welches nicht sowohl durch Mangel an natürlicher Bodenkraft bewirkt wurde, sondern in der ungünstigen, vorzugsweise gleich nach der Aussaat längere Zeit hindurch sehr naßkalten Witterung seinen Grund hat, wozu noch kam, daß die betreffenden Versuchsbeete etwas tiefer lagen als das umgebende Land, so daß das Wasser keinen rechten Abzug hatte. Unter günstigeren äußeren Verhältnissen hätten sich jedenfalls die Resultate bestimmter und deutlicher herausgestellt, indessen bemerkt man auch schon hier deutlich theils eine günstige, theils eine nachtheilige Wirkung des angewendeten Samendüngers. Wenn auch die Erträge selbst nur in dem Versuche 3. entschieden günstiger ausgefallen sind, so ist doch überall klar, daß unter dem Einfluß des Samendüngers, trotz der ungünstigen äußeren Verhältnisse, die ganze Pflanze in Stroh und Körnern ein üppigeres Wachsthum angenommen hat, da das Gewicht von 100 Halmen in Nr. 1 viel niedriger ist, als in allen anderen Versuchen; außerdem ergiebt sich aus den obigen Resultaten, daß mit dem Versuche Nr. 6 die Quantität des unter den vorhandenen Verhältnissen anwendbaren Düngers offenbar überschritten ist, da nun die Anzahl der zur Entwickelung gelangten Samenkörner schnell und auffallend sich vermindert, wozu noch kommt, daß im Großen mit so bedeutenden Massen der angeführten Substanzen gar nicht operirt werden kann. Wahrscheinlich ist die Qualität und Quantität der betreffenden Samendüngmittel für jede einzelne Pflanzengattung an bestimmte Regeln gebunden, welche von der Eigenthümlichkeit der von ihr zu erzeugenden organischen Masse, und von den mehr oder weniger vorherrschenden Mineralverbindungen, die in ihren Organismus übergehen, abhängig sein mögen. Es sind über diesen für die Pflanzenphysiologie, wie für die praktische Landwirthschaft überaus

wichtigen Gegenstand bis jetzt noch keine weiteren direkten Versuche angestellt worden, wir erwarten aber, daß die Agriculturchemiker auch diese Frage in das Bereich ihrer immer zahlreicher werdenden Untersuchungen ziehen, und in der nächsten Zukunft uns hierüber die nöthigen Aufklärungen mitzutheilen im Stande sein werden.

Nach den hier vorausgeschickten vorzugsweise theoretischen Betrachtungen will ich jetzt zu der Würdigung einiger in neuester Zeit angepriesener Samendüngungsmittel übergehen und wähle aus der großen Masse der hierher gehörigen Präparate zweierlei Substanzen aus, weil diese bereits der erforderlichen Prüfung in praktischer, wie in theoretischer Hinsicht unterworfen worden sind. Das eine dieser Fabrikate ist unter dem Namen des Wolff'schen Samendüngungsmittels ausgeboten worden und ist eine feinkörnige, erdige, gelblich-grau gefärbte Masse, von welcher, der Vorschrift gemäß, auf einen Dresdner Scheffel Aussaat 80 Pfund oder doch höchstens auf die Fläche von 150 Quadratruthen 1 Centner, also auf 1 Hectare 180 Kilogramme angewendet werden sollen. Die angegebene Quantität des Düngers wird entweder über die Saat ausgestreut oder mit Jauche zu einem dünnen Brei angerührt, mit dem betreffenden Saatquantum innig gemengt, und das Gemenge, welches durch Einziehen des Wassers in die Samenkörner und durch Verdunsten desselben allmählig trocken geworden ist, nach drei Tagen ausgesäet. Die Bestandtheile einer Probe dieses Düngmittels waren:

Zusammensetzung des Wolff'schen Samendüngmittels.

Kali	0,4	Chlor	0,4
Natron	0,2	Kieselerde	0,4
Kalk	3,0	Kohlensäure	2,5
Magnesia	1,0	In Salzsäure unlöslich .	71,9
Eisenoxyd u. Thonerde .	5,8	Stickstoffhaltige Substanz	4,8
Phosphorsäure . . .	0,5	Stickstoffloser Glühverlust	5,3
Schwefelsäure	0,3	Wasser	4,2
			100,7

In Wasser löste sich nur $^1/_2$ Proc., in Salzsäure 14,5 Proc. auf. Auf der Akademie zu Eldena, wo die vorstehende analytische Untersuchung von John ausgeführt wurde, konnte bei der vorschriftmäßigen Anwendung des angeführten Düngungsmittels auf Roggen durchaus keine Wirkung beobachtet werden. Auf der landwirthschaftlichen Lehranstalt zu Brösa ist ebenfalls eine ganz direkt bezogene

Probe des hier in Rede stehenden Düngmittels der chemischen, wie der praktischen Prüfung unterworfen worden. Die chemische Analyse lieferte Resultate, welche von den so eben angeführten, namentlich in der Menge der vorhandenen organischen Substanz, etwas abweichend waren und beweisen, daß auch dieses Düngmittel, wie fast alle anderen, an einer nicht unbedeutenden Unregelmäßigkeit in der Zusammensetzung leidet.

Chlornatrium, Chlorcalcium	0,99
Phosphorsaurer Kalk	4,58
Eisenoxyd und Thonerde . . .	3,55
Kohlensaurer Kalk	6,36
Organische verbrennbare Substanz, worunter Salmiak	25,03
Quarzsand und gebrannter Thon .	56,16
Wasser	3,07
	99,74

Aehnliche Resultate fand auch Stöckhardt in Tharandt bei der Untersuchung dieses Düngmittels.

Die folgenden Versuche wurden zu Brösa auf einem allerdings sehr erschöpften Felde angestellt und die in den verschiedenen Ernten gewonnenen Quantitäten an Körnern und Stroh vom Hafer durch die Wage genau bestimmt. Jede einzelne Versuchsfläche war nur 16 Quadratruthen groß, die Resultate sind aber sämmtlich auf die Fläche von einem Hectare berechnet worden. Wirkung des Wolff'schen Samendüngers.

Düngmittel.	Menge des Düngmittels auf 1 Hect.	Ertrag an Körnern auf 1 Hect.	Ertrag an Stroh und Spreu auf 1 Hect.	Verhältniß der Körner zum Stroh.	Ertrag an Körnern Nr. 1=100.	Ertrag an Stroh Nr. 1=100.
	Kil.	Kil.	Kil.		Proc.	Proc.
1. Ohne Dünger	—	928	1215	1:1,31	100	100
2. Wolff'scher Samendünger mit Jauche angemacht .	169	1063	1300	1:1,22	114,5	107
3. Desgl. über d. Saat gestreut	169	928	1325	1:1,43	100	109

Ganz ähnliche Versuche wurden auch mit Gerste ausgeführt; diese lieferten jedoch nicht einmal ein so deutliches Resultat, wie die so eben mitgetheilten; es wurde sogar ohne allen Wolff'schen Dünger

mehr geerntet, als bei Anwendung desselben, welches negative Resultat jedoch nicht dem Dünger zugeschrieben werden darf, sondern durch andere zufällige Umstände verursacht worden ist, welche namentlich bei einem Acker, der, wie in diesem Falle, in bester Kraft (Vorfrucht: gedüngte Kartoffeln) sich befindet, nicht immer genau nachzuweisen sind. Uebrigens zeigte auch bei den Versuchen mit Gerste die eigentliche Samendüngung einen etwas günstigeren Erfolg als das bloße Ausstreuen des trocknen Düngers gleich nach der Saat.

In der von dem Erfinder dieses Düngmittels ausgegebenen Ankündigung heißt es unter Anderem, daß das Präparat den Zweck haben soll, die natürlichen Düngungsmaterialien auf eine billige Weise zu vermehren; jedoch soll es auch in seiner Wirkung auf die verschiedenen Fruchtgattungen, ganz selbstständig und für sich allein thätig sein und selbst bei geringen seit drei Jahren nicht gedüngten Feldern, in den schlechtesten Bodenklassen, einen ausgezeichneten Erfolg gewähren, so daß die darauf gewachsenen Früchte diejenigen an Frische und Güte in Korn und Stroh übertreffen, welche auf besserem Boden und frischgedüngten Feldern vegetiren. Der Landmann soll bei Anwendung des Düngmittels bei der beispiellosen Billigkeit desselben immer noch mehr an Körnern und Früchten erbauen, als bei dem Gebrauche irgend eines anderen Düngstoffes und in den Stand gesetzt werden, im Allgemeinen seine Landwirthschaft zu einer außerordentlichen Blüthe und dem größtmöglichen Ertrage zu bringen. Betrachten wir nun zunächst die oben gefundene Zusammensetzung des angepriesenen Samen-Düngungsmittels vom theoretischen Standpunkte aus, so sehen wir, daß selbst bei der zuletzt angeführten besseren Probe beinahe zwei Drittel aus Sand, Thon und Feuchtigkeit bestehen und daher als ganz unnützer Ballast von den wirksamen Bestandtheilen in Abzug gebracht werden müssen. Die übrigen Stoffe sind zum Theil organischer, verbrennbarer Natur, zum Theil gehören sie dem Mineralreiche an; in den ersteren ist kaum so viel Stickstoff enthalten, daß deren Menge von 100 Theilen des Düngmittels 1 Theil beträgt, — unter den letzteren vermißt man größere Mengen von auflöslichen Alkalien. Das Ganze stellt sich nach den angeführten Untersuchungen als ein feinkörniger Sand oder eine sandige Ackerkrume heraus, welcher man eine geringe Quantität fein zerstampfter Knochen (deren Splitter ich bei der von mir untersuchten Probe deutlich wahrnehmen konnte) und vielleicht noch einige andere stickstoffhaltige Abgänge aus der Haushaltung oder auch Rapskuchenmehl

Unmöglichkeit einer günstigen Wirkung des Wolff'schen Samendüngers.

beigemischt und dieses Gemenge zu wiederholten Malen mit Jauche übergossen hat, welche letztere, wie es scheint, vor der Anwendung mit etwas Salzsäure neutralisirt worden war. Wenn man nun eine so geringe Menge von gebundenem Stickstoff und von Phosphorsäure auf den Acker bringt, als es bei Anwendung dieser sogenannten Samendüngung der Fall ist, so kann man doch unmöglich behaupten wollen, daß ein solches Düngmittel für sich allein einen ausgezeichneten Erfolg für das Gedeihen der Pflanzen äußern könne. Aus den Resultaten der mitgetheilten direkten Versuche ersehen wir, daß das Ueberstreuen jenes Düngmittels in den vorgeschriebenen Mengenverhältnissen fast gar keine Wirkung hervorgebracht hat, dagegen hat die Anwendung als Samendüngung nebst Behandlung mit Jauche einen deutlichen Mehrertrag in der Ernte bewirkt, welcher jedoch kaum hinreichend ist, um die Kosten der Düngung zu decken, geschweige denn mit beträchtlichen Vortheilen verbunden ist. Das Düngmittel muß allerdings eine seinen Bestandtheilen völlig entsprechende günstige, freilich nur höchst unbedeutende Wirkung hervorbringen; wenn man aber, was der Erfinder zu verlangen scheint, das ganze zukünftige Heil der Landwirthschaft in diesem Düngmittel suchen wollte, dann wäre offenbar unsere Hoffnung, die Agricultur immer mehr auf einer wissenschaftlichen Basis begründet zu sehen, nur an schwache Stützen gebunden.

Während das so eben beschriebene Düngmittel so schnell, wie es bekannt geworden, auch wiederum verschwunden und schon jetzt der Vergessenheit fast vollkommen anheimgefallen ist, so findet dagegen ein anderes Samendüngmittel, welches schon seit vielen Jahren das landwirthschaftliche Publikum theilweise gleichsam in fieberhafter Aufregung erhalten hat, gegenwärtig noch immer Fürsprache und, was dem Fabrikanten die Hauptsache ist, auch Abnahme und Anwendung. Im Jahre 1829 trat Bickes aus Mainz zuerst mit einer neuen Methode der Samendüngung hervor; wenigstens datiren sich die ältesten von ihm veröffentlichten Testate aus diesem Jahre. In der langen Zeit von 1829 bis 1842 ist es Bickes gelungen, eine gewisse Anzahl von Zeugnissen sich zu verschaffen, welche, wie auch einige Zeitungsartikel, sich höchst lobend über seine Erfindung aussprechen. Diese Zeugnisse haben, wenigstens in meinen Augen, nicht die geringste Beweiskraft; es ist nicht ein einziger Versuch angestellt worden, welcher uns Aufklärung gäbe über den Grad der Wirkung dieser Samendüngung unter genau beobachteten und nachgewiesenen Boden- und

Schicksale des von Bickes erfundenen Samendüngers.

Witterungsverhältnissen; alle genauen und sorgfältigen quantitativen Bestimmungen bei der Ernte fehlen durchaus; auch ist Niemand bei der Behandlung der Samen zugegen gewesen und es wäre natürlich denkbar, daß in den Fällen, wo ein scheinbar außerordentlich günstiger Erfolg eintrat, eine besonders große Quantität eines intensiv kräftigen Samendüngers angewendet worden wäre, woraus ganz einfach jener Erfolg zu erklären sein würde; endlich giebt es kein so unsinniges und ungereimtes Ding in der Welt (als welches ich jedoch diese Samendüngung keineswegs betrachte), für dessen Anpreisung man nicht im Verlaufe von 14 Jahren einige beistimmende Testate herbeizuschaffen im Stande wäre, ohne daß man voraussetzen müßte, die Zeugnißsteller hätten absichtlich gegen die Wahrheit und ihre eigene Ueberzeugung gesprochen.

Da die Regierungen Deutschlands, trotz aller Anpreisungen, sich nicht dazu entschließen konnten, dem Erfinder sein Geheimniß für eine namhafte Summe abzukaufen, so ging Bickes nach England, um hier sein Heil zu versuchen. Aber auch hier konnte ein 6jähriger Aufenthalt weder die Regierung noch das landwirthschaftliche Publikum von der Vorzüglichkeit und Unfehlbarkeit dieser Samendüngung überzeugen und Bickes mußte, nachdem er in England eine Reihe von beistimmenden Zeugnissen erhalten und nun bereits in Oesterreich, Deutschland, Belgien und England nicht die erwünschten Käufer seines Fabrikates gefunden hatte, als letzte Zufluchtsstätte nach Frankreich sich begeben. Hier ließ sich nun auch wirklich die Regierung bewegen, das Mittel einer sachverständigen aus Landwirthen und Naturkundigen bestehenden Commission zur Prüfung zu übergeben; das Resultat dieser Prüfung war ein den Erfinder sehr wenig zufriedenstellendes, denn es ergab sich, wie im vorigen Jahre in allen landwirthschaftlichen Blättern zu lesen war, daß die Wirkung des Düngmittels so unbedeutend sei, daß man dem Staat, wie dem Privatmanne nur abrathen könne, für dieses Präparat oder für das Geheimniß von dessen Zubereitung Geld und Geldeswerth auszugeben. Man sollte nun allerdings glauben, daß nach allen diesen trüben Schicksalen und Erfahrungen dieses Düngmittel endlich bescheiden von der Tagesbühne abtreten oder doch in die Schranken, innerhalb welcher es einigermaßen empfehlenswerth sein möchte, zurücktreten würde; aber dies war nicht der Fall, im Gegentheil ist vor etwa 2 Jahren eine großartige Fabrik und Handlung in Berlin, unter der Firma Köpp und Comp., eröffnet worden, von wo aus das Düng-

mittel in kleinen Packeten und resp. Blechbüchsen in alle Welt versandt und in der That namentlich in Norddeutschland, welches bisher allein verschont geblieben war, wie es scheint, in nicht unbedeutender Menge abgesetzt wird. Dieses Köpp'sche Düngmittel will ich nun hier einer näheren Betrachtung unterwerfen.

Die Köpp'sche Samendüngung und deren Anpreisung.

Köpp hat in London dem Bickes sein Geheimniß abgelauscht und ist nach vielen „mühsamen" Versuchen dahin gelangt, den concentrirten Dünger in einer Form und Verpackung herzustellen, „daß er in dem elegantesten Salon und, ohne Gefahr zu verderben, Jahre lang aufbewahrt werden kann." Während Bickes in seiner Veröffentlichung von 1842 durch seinen Samendünger allen anderen Dünger vollständig ersetzen und überflüssig machen, und bei Getreide, Mais 2c. mit Aufwendung von nur 5, bei Kohlsaat, Rüben, Mohn 2c. sogar von kaum 2 Groschen für einen ganzen Morgen Landes in jedem Jahre in ununterbrochener Folge die schönsten Ernten erzielen wollte, — hat Köpp doch sein Ansprüche und Erwartungen, wahrscheinlich in Folge der vielfach stattgehabten Täuschungen in so weit ermäßigt, daß er es keineswegs für nothwendig hält, „den stolzen Misthaufen ungenützt zu lassen," sondern im Gegentheil es für sehr zweckmäßig erachtet, mittelst desselben „sogar die magersten Felder kräftig zu bessern und zuletzt alle bis zur Gartenerde zu erheben." Aber immer heißt es noch in der Ankündigung des Köpp'schen Düngmittels, daß es dessen Zweck sei, „die gegenwärtigen enormen Kosten der Düngung zu reduciren und den Landwirth in den Stand zu setzen, Getreide 2c. auf solchen Feldern zu produciren, welche bisher theils wegen ihrer Lage das Düngen entweder ganz unmöglich, oder der Mühe und Kosten wegen nicht lohnend erscheinen lassen, theils ihrer Natur nach keine Ertragsfähigkeit versprechen; ferner auch, was von so großer Wichtigkeit, in ununterbrochener Folge dasjenige Getreide auf demselben Terrain zu produciren, welches den meisten Vortheil bietet."

Die Gesetze, nach welchen die Ernährung und das Wachsthum der Pflanzen erfolgt, sind für den, welcher die Wissenschaft erfaßt hat, wenigstens in ihren Hauptzügen kein Geheimniß mehr; und ebenso ist die Zeit vorüber, wo ein speculativer Kopf aus wenigen sehr billigen und allgemein verbreiteten Stoffen ein Präparat zusammenmischte und solches viele Jahre lang als ein untrügliches Heilmittel für Menschen und Vieh, oder als ein Mittel, den Acker zu einem unglaublichen Grade der Ertragsfähigkeit zu veranlassen, dem stets leichtgläubigen großen

Publikum mit Erfolg für hohe Preise anbieten konnte. Die chemische Analyse hat zum Glück und zum Vortheil für Handel, Künste und Gewerbe, ihre Methoden in der neuesten Zeit so schnell und vollkommen ausgebildet, daß sie die Zusammensetzung und Bereitungsart solcher Präparate in den meisten Fällen mit Leichtigkeit nachzuweisen und das Geheimniß selbst mit allen seinen wirklichen oder scheinbaren oder erlogenen Vortheilen aus dem Dunkel an das helle Tageslicht zu ziehen vermag. Fragen wir nun, was die chemische Analyse über das Köpp'sche Düngmittel uns verrathen hat, so wird man in dem Folgenden die Antwort auf diese Frage ausgesprochen finden.

Zusammensetzung des Köpp'schen Samendüngers.

Köpp bietet mehrere Arten von Samendüngmitteln aus, eins für Cerealien, eins für Hülsenfrüchte, eins für Knollengewächse ꝛc.; jede der Hauptarten hat wieder eine Menge Unterarten, alle aber, wie ich glaube, bestehen aus zwei von einander verschiedenen und getrennten Substanzen, nämlich einmal aus einer zähflüssigen, kleberigen, bräunlich gefärbten und stark leimartig riechenden Masse, welche in Blechkästchen vermeintlich hermetisch verschlossen ist und von dem Erfinder „concentrirte Animalmasse" genannt wird, und sodann aus einem grauen in Papier verpackten Pulver, welches den schönklingenden Namen „Fertilisationspulver" erhalten hat. Beiderlei Substanzen, insofern sie zur Düngung von Cerealien bestimmt waren, sind auf der Akademie zu Eldena von John der chemischen Untersuchung unterworfen worden. Die concentrirte Animalmasse verhielt sich ihrem Aussehen und ihren Eigenschaften nach ganz wie steifgekochter Tischlerleim und in chemischer Hinsicht, wie folgt:

100 Th. der frischen Masse enthielten bei 120° C. getrocknet . . .	48,7 trockner Substanz.
100 Th. trockner Substanz hinterließen beim Verbrennen	26,7 Salze.
100 Th. trockner Substanz gaben mit Natronkalk verbrannt 12,86 Stickstoff. Da der Leim c. 18,3 Stickstoff enthält, so entsprechen diese 12,86 Stickstoff	70,3 Leim.
	97,0 trockner Substanz.

Die Salze löſten sich vollständig in Salzsäure, enthielten viel Kohlensäure, Chlor, wenig Schwefelsäure, Spuren von Phosphor-

säure und Eisenoxyd, viel Kalk, keine Magnesia und Alkalien; der Mangel an Phosphorsäure und Alkalien ist offenbar ein Mangel des Düngmittels überhaupt; doch sind vielleicht diese Mineralstoffe nur zufällige Bestandtheile und somit der Fabrikant selbst unschuldig an deren unvollkommenen Beschaffenheit. Von dieser Mineralmasse werden auf 1 Berliner Scheffel Aussaat vorschriftsmäßig 1 Kil. ($2^1/_4$ Pfd.) verwendet, also an:

trocknem Leim . .	„ Pfd.	$24^1/_4$ Loth	oder	0,35 Kil.
Salzen	„ „	$9^1/_3$ „	„	0,13 „
Wasser	1 „	5 „	„	0,53 „

Das Fertilisationspulver enthielt in 100 Theilen:

Kali	0,14	Chlor	0,43
Natron	0,36	Kieselerde	0,77
Kalk	14,80	Kohlensäure . . .	11,20
Magnesia	Spur	In Salzsäure unlöslich	49,60
Eisenoxyd und Thonerde	10,20	Glühverlust	9,70
Phosphorsäure . . .	0,60	Wasser	4,00
Schwefelsäure . . .	Spur		101,80

Diese analytischen Data, wie auch eine mikroskopische Untersuchung gaben dieses Pulver als eine ausgelaugte, noch dazu sehr schlechte Seifensiederasche zu erkennen. Die $6^1/_2$ Pfund, welche der Vorschrift gemäß von diesem Fertilisationspulver auf das Saatquantum von 1 Berliner Scheffel verwendet werden sollen, werden gleichsam durch die Animalmasse an die Samenkörner angeklebt und diese sodann ausgestreut. Die zu Eldena mit diesem Düngmittel angestellten Versuche hatten bei Gerste, bei Riesen-Steckrüben und bei Turnips, dem Stand der Früchte in allen verschiedenen Entwickelungs-Stadien nach zu urtheilen, weder günstige, noch nachtheilige Wirkung geäußert. Schweitzer hat die Resultate einiger im Jahre 1849 auf der Akademie zu Poppelsdorf ausgeführter Versuche veröffentlicht, welche ich hier noch mittheilen will, da sie mehr als alle theoretischen Betrachtungen die geringe Wirksamkeit des Köpp'schen Samendüngmittels beweisen. Da das Gewicht der Körner nicht angegeben ist, so stelle ich hier die Resultate zusammen in der Weise, wie sie bekannt gemacht worden sind, und bemerke nur, daß unter den Scheffeln Berliner Scheffel zu verstehen sind und daß die Erträge sämmtlich auf die Fläche eines Magdeburger Morgens sich beziehen:

Geringe Wirkung des Köpp'schen Samendüngmittels.

Früchte.	Körner.		Stroh.
	Scheffel.	Metzen.	Pfund.
1. Hafer, ungedüngt . .	25	≈	2392
Hafer, gedüngt . .	25	≈	2384
2. Gerste, ungedüngt .	14	≈	1856
Gerste, gedüngt . .	14	8	1903
3. Hirse, ungedüngt . .	12	6	1875
Hirse, gedüngt . . .	12	6	1870
4. Buchweizen ungedüngt	10	10	1200
Buchweizen, gedüngt .	10	8	1147

Bei der Cultur von Kartoffeln lieferte das mit Köpp's Düngmittel behandelte Versuchsstück pr. Magdeburger Morgen 8760 Pfd., das ungedüngte dagegen 10,960 Pfd. Kartoffeln, so daß sich also zum Nachtheile des Düngmittels ein Mindorertrag von 2200 Pfd. herausstellte.

Theoretische Betrachtungen über die Wirkung des Samendüngers.

Der Erfinder des hier beschriebenen Düngmittels glaubt durch diese Entdeckung den Schleier der Isis endlich gehoben zu haben und behauptet, daß dieses Resultat seiner Forschungen auf tiefer Erkenntniß der Natur der Pflanzen beruhe, daß durch dieses Mittel „die Lebenskraft in allem Betrachte vermehrt und deren Wesen gehoben und veredelt werde." Es soll nämlich mit Hülfe des angepriesenen Fabrikates die Pflanze gleichsam gezwungen werden, alle ihre Nahrungsstoffe der sie umgebenden Atmosphäre zu entziehen, den Boden aber im vollkommen unerschöpften Zustande zurückzulassen. Es ist kaum glaublich, wie diese Behauptung bei nachdenkenden Männern wirklich hat Beistimmung finden können. Die Pflanzen, so spricht die Erfahrung und so bestätigt es die Wissenschaft, ziehen ihre Nahrung sowohl aus der Luft als aus dem Erdboden und zwar je nach der Natur der Pflanze geschieht dieses vorzugsweise entweder auf dem einen oder dem anderen Wege. Es giebt Pflanzen, welche den Boden erschöpfen, andere, welche ihn bereichern und andere, welche ihn im fast unveränderten Kraftzustande zurücklassen. Gewächse, welche, wie der Klee, in ihren Blättern eine außerordentlich große Oberfläche darbieten und bei denen diese Blätter eine weiche, saftige und poröse Beschaffenheit besitzen, solche Gewächse werden den größten Theil ihrer Nahrung der Luft entziehen, sie werden also den Boden am wenigsten erschöpfen. Die Cerealien dagegen haben sowohl an sich schon eine geringe Blattentwicklung, als auch ist die Blattsubstanz selbst von einer dichten, zähen, lederarti-

gen Beschaffenheit, die Blätter sind wie mit einer kieseligen Schicht überzogen, wodurch der freie Zutritt der atmosphärischen Luftarten in das Innere des vegetabilischen Organismus zum Theil gehindert ist; die Cerealien sind deswegen genöthigt, die zu ihrer Entwicklung erforderlichen Nahrungsstoffe mittelst der unzähligen feinen Fasern ihrer Wurzeln in größerer Menge dem Boden zu entziehen, in welchem sie befestigt sind. Dies ist die Ursache, weswegen die Cerealien vorzugsweise den Acker aussaugen, eine Thatsache, die so lange bestehen wird, bis wir im Stande sein werden, nach Belieben Getreidepflanzen mit Kleeblättern oder andere Monstrositäten zu erzeugen; solches ist aber bis jetzt noch durch kein Samendüngmittel zuwege gebracht worden, es wird nimmer gelingen, so lange die gegenwärtig vorhandenen Naturgesetze das Weltall regieren.

Wenn wir auch Mittel besitzen, um die Blatt- und Stengelbildung gewisser Pflanzen zu vermehren und überhaupt die Entwicklung der Pflanze über der Erde zu befördern, so wird dieses doch niemals einseitig geschehen können, sondern nur in dem Falle, wenn im Boden auch hinreichende Kraft vorhanden ist, um gleichzeitig die entsprechende Wurzelbildung oder das Wachsthum der Pflanze unter der Erde zu unterstützen. Wie kann man aber nun behaupten wollen, daß durch das hier in Rede stehende Düngmittel die Pflanze sollte befähigt werden, einseitig der Atmosphäre ihre Nahrung zu entnehmen, da es doch natürlicher sein würde, wenn man die entgegengesetzte Ansicht äußerte, daß nämlich die Aufnahme von Nahrungsstoffen aus dem Boden durch eine Samendüngung vermehrt werde. Denn offenbar bewirken wir bei der zweckmäßigen Behandlung des Samens mit düngenden Stoffen zunächst eine kräftigere Entwicklung der Wurzelkeime, welche jedenfalls, je größer und je schneller sie sich entfalten, dem Boden um so mehr Nahrungsstoffe entziehen werden, die allerdings auch wiederum dazu beitragen, die Pflanze über der Erde zu einem üppigeren Gedeihen und zu einer vermehrten Thätigkeit hinsichtlich der Aufnahme atmosphärischer Stoffe anzuregen. Immer also kommen wir bei unseren Betrachtungen darauf zurück, daß eine Samendüngung nur dann von Nutzen sein kann, wenn im Boden die zur Entwicklung einer bestimmten Pflanze erforderliche größere oder geringere Kraft schon vorhanden ist.

Ich will diese allgemeinen Betrachtungen hier nicht weiter ausdehnen und nur noch über das Köpp'sche Düngmittel insbesondere einige Bemerkungen hinzufügen. Der bei weitem wichtigste und wirk- *Mängel und Vortheile des Köpp'schen Samendüngers.*

samste Bestandtheil dieses Samendüngers ist der Leim, eine Substanz, welche in der That eine concentrirte Animalmasse genannt werden kann und welche, meiner Ueberzeugung zufolge und in Uebereinstimmung mit den oben ausgesprochenen Ansichten, wirklich mit Vortheil und gutem Erfolge zu dem hier in Rede stehenden Zwecke verwendet werden kann. Der Leim ist eine sehr stickstoffhaltige Substanz; er ist, wie alle thierischen Körper, sehr zur schnellen Zersetzung oder Fäulniß geneigt und er liefert bei derselben eine reichliche Menge Ammoniak, einen Körper, welcher, wie wir wissen, in hohem Grade die Fähigkeit besitzt, das Wachsthum der Pflanze zu fördern. Mit der vorher angeführten Quantität, welche der Vorschrift gemäß an Leimsubstanz angewendet wird, bringen wir so viel chemisch gebundenen Stickstoff in den Boden, daß dadurch etwa $^1/_{240}$ der ganzen Ernte mit dem angeführten Nahrungsstoffe versehen werden kann. Dies ist allerdings nur eine geringe Menge von Nahrungsstoff, sie reicht aber hin, die in den Samenkörnern selbst aufgehäufte Nahrungsmasse zu vermehren und auf diese Weise also auch die junge Pflanze aus ihrer allernächsten Umgebung länger zu ernähren, als es sonst möglich sein würde und sie mithin in einem schon mehr entwickelten und gekräftigten Zustande ihrem weiteren Lebenslaufe zu überlassen. Wenn der Nahrungsstoff, welcher mit der Samendüngung den ersten Keimen zu Gute kommt, von der jugendlichen Pflanze vollständig absorbirt und verarbeitet ist, so hört auch aller direkter Einfluß des Samendüngers auf die fernere Entwicklung der Pflanze vollständig auf und es verhält sich diese dann ganz und gar ebenso, wie jede andere, ohne Samendüngung gezogene junge Pflanze derselben Gattung. Das Köpp'sche Fertilisationspulver ist für die Wirkung des Samendüngers selbst fast ganz gleichgültig, jede Art von Asche vermag dasselbe zu ersetzen, ja ist sogar oft dem Zwecke jedenfalls mehr entsprechend, als dasjenige, welches hier der chemischen Analyse unterworfen wurde. Als Endresultat ergiebt sich aus vorstehenden Betrachtungen, daß die von Köpp ausgebotene Samendüngung, obgleich in gewisser Hinsicht einen richtigen Weg verfolgend, dennoch keineswegs eine dem Zwecke entsprechende Zusammensetzung hat, ganz abgesehen von dem dafür in Anspruch genommenen Preise, der bei der großen Einfachheit und Billigkeit des zur Bereitung verwendeten Materials, ein unverhältnißmäßig hoher ist.

Es ist wirklich an der Zeit, die so häufig unter dem Deckmantel der Wissenschaft in die Welt geschickten Düngmittel endlich einmal einer

scharfen Controle zu unterwerfen; wenn dieselben auch durch die Praxis selbst nach einiger Zeit in ihrer oft vollständigen Unwirksamkeit erkannt und zurückgewiesen werden, so entspringt aus ihnen doch der wahren Wissenschaft ein sehr großer Nachtheil, denn der Praktiker wird immer mißtrauischer gegen die völlig uneigennützigen Bestrebungen der letzteren und die innige und bleibende Vereinigung zwischen Praxis und Wissenschaft, welche zur beiderseitigen Ausbildung so wünschenswerth und durchaus nothwendig ist, immer mehr in die ferne Zukunft hinausgeschoben. Ich selbst erkenne die Vortheile einer zweckmäßigen Samendüngung, aber ich weiß auch, daß der allgemeinen Verbreitung einer solchen große, schon rein mechanische, Hindernisse entgegenstehen und außerdem, daß wir noch durchaus keine bestimmte Idee darüber haben, wie dieselbe unter etwa vorhandenen Boden- und klimatischen Verhältnissen für einzelne Pflanzengattungen beschaffen sein muß. So lange wir hierüber noch nicht durch die Resultate zahlreicher im Kleinen, wie im Großen ausgeführter Versuche uns Aufklärung verschafft haben, sind und bleiben alle Vorschriften und Rezepte zu Samendüngmitteln ungenau und fast völlig werthlos.*)

13. Beizmittel.

Die Beize des Samens ist eine Operation, welche der Samendüngung sehr ähnlich ist; hier wie dort werden die Samenkörner mit gewissen löslichen oder unlöslichen Stoffen in Berührung gebracht, welche das Innere derselben durchdringen oder deren Oberfläche mit einer mehr oder weniger dicken und dichten Schicht überziehen. Jedoch liegt schon in dem Namen des Beizmittels angedeutet, daß dieses in der Regel einen ätzenden, scharfen Stoff enthält, welcher nicht, wie bei der Samendüngung, unmittelbar und vollständig zur Ernährung der jungen Pflanze verwendet zu werden braucht, sondern vielmehr zunächst einen anderen und zwar doppelten Zweck hat, nämlich einmal die Keimkraft der Samen zu erwecken, den Prozeß des Keimens selbst zu beschleunigen und zu unterstützen und dann außerdem, wie es scheint, die

Natur und Zweck der Beizmittel.

*) Die obigen Bemerkungen über die Beschaffenheit und Wirkungsart der Samendüngmittel sind großentheils in der vorliegenden Form bereits im April 1850 in dem „Land- und Forstwirthschaftlichen Wochenblatte des Kreisvereins für die Oberlausitz" von mir mitgetheilt worden.

in den Samenkörnern in ihren ersten Keimen vielleicht vorhandenen Krankheitsstoffe, namentlich den Brand im Weizen zu zerstören und deren Eintreten bei der weiter sich entwickelnden Pflanze möglichst zu verhindern. Die mannichfachen sogenannten Beizmittel, welche in der Praxis wirklich zur Anwendung kommen, enthalten fast alle einen scharfen, entweder ätzend (alkalisch) oder sauer schmeckenden Körper und es liegt in der zerstörenden Kraft dieser vorherrschenden Substanz wohl der nächste und Hauptgrund für die Anwendung und die wirkliche oder doch vermuthete Wirkung der Samenbeize Dergleichen ätzend wirkende Stoffe sind z. B. der gebrannte und frisch gelöschte Kalk, und auch die Jauche selbst, welche man nebst dem Kalke mit den Samen in Berührung bringt. Durch ihre sauren Eigenschaften zerstörend wirkende, ebenfalls nicht selten angewendete Beizmittel sind unter anderen der Kupfer- und der Eisenvitriol, von denen der erstere (der blaue Vitriol) in Wasser aufgelöst schon an sich schwach sauer reagirt, der letztere (der grüne Vitriol) aber nach seiner leicht eintretenden Zersetzung an der atmosphärischen Luft dieselbe Reaction annimmt; auch der weiße Arsenik, welcher in früheren Zeiten mehr als gegenwärtig, zum Beizen der Samen benutzt wurde, hat die Eigenschaften einer schwachen Säure. Aus diesen Beispielen ersieht man, daß die Beizmittel gerade aus solchen Körpern bestehen, welche entweder als schwache Säuren sich kund geben, oder freie alkalische Stoffe sind, deren Aetzkraft jedoch wiederum nicht den höchsten Grad erreicht, wie er bei den kaustischen fixen Alkalien auftritt, sondern in dem Kalke und Ammoniak in etwas gedämpfter Leidenschaft sich zeigt. Der Zusatz größerer oder geringerer Mengen von allerlei auflöslichen Salzen der Alkalien und alkalischen Erden, wie von Kochsalz, Soda, Glaubersalz, Pottasche, Bittersalz u. s. w. zu den angeführten Haupt-Beizmitteln giebt den letzteren ein in gewisser Hinsicht direktes Ernährungsvermögen und vermittelt den Uebergang derselben zu der eigentlichen Samendüngung. Außer der muthmaßlichen Zerstörung von etwa in dem Samen vorhandenen schädlichen Krankheitsstoffen und der damit in naher Beziehung stehenden Zerstörung der Keimkraft in schwachen, unvollständig ausgebildeten Samenkörnern, kann man wenigstens den basisch reagirenden Beizmitteln auch noch eine fördernde Thätigkeit in dem Prozesse des Keimens selbst beilegen. Die erste chemische Thätigkeit, welche den Keimprozeß selbst oder die Umwandlung der vorhandenen organischen Stoffe einzuleiten scheint, besteht in einer Absorption von Sauerstoffgas aus der

Beispiele verschiedener Beizmittel.

Förderung des Keimprozesses durch Beizmittel.

den umgebenden Erdboden durchdringenden Luft und in der Entwicklung von Kohlensäuregas; man befördert das Keimen der Samen auf eine sehr merkliche Weise, entweder dadurch, daß man eine größere Menge von Sauerstoff und gleichsam in einem concentrirteren Zustande mit den keimenden Samenkörnern in Berührung bringt, wie es bei Anwendung von mit reinem Sauerstoff- oder mit Chlorgas geschwängertem Wasser geschieht, oder auch auf die Weise, daß man für eine schleunige Entfernung der neu gebildeten Kohlensäure aus der unmittelbaren Umgebung der Samenkörner Sorge trägt und dadurch einer anderen Quantität der stets auf's Neue sich entwickelnden Kohlensäure Platz macht. Ein Mittel nun die Kohlensäure zu entfernen oder vielmehr aus dem gasförmigen in einen gebundenen, festen Zustand überzuführen, besitzt man eben in dem kaustischen Kalke, mit welchem man die Samen gebeizt hat, eine Substanz, welche eine große Neigung hat, mit der Kohlensäure eine innige chemische Verbindung einzugehen. Ob der Kupfer- und der Eisenvitriol hier eine ähnliche Thätigkeit, wie die Alkalien, zu äußern im Stande sind, will ich dahingestellt sein lassen, jedoch scheint es mir nicht unmöglich, daß in der That die aus den Samen sich entwickelnde Kohlensäure die Zersetzung jener Vitriole befördert, indem sie selbst mit dem basischen Bestandtheile derselben eine bleibende oder vorübergehende Verbindung eingeht. Das wahre Wesen der Beizmittel und die sichere Entscheidung über deren Wirkungsart, worüber ich hier nur Vermuthungen habe aufstellen können, müssen wir nebst der Lösung vieler anderer Fragen von wissenschaftlichem Interesse und praktischer Bedeutung der Zukunft überlassen.

14. Der Compostdünger.

Von allen Düngmitteln, welche existiren, hat keins eine weniger constante Zusammensetzung als dasjenige, welches man mit dem Namen des **Compostdüngers** zu belegen pflegt. Man versteht darunter ein möglichst inniges Gemenge aller derjenigen Abgänge aus der Wirthschaft, denen man überhaupt nur irgend eine düngende Kraft beizulegen Ursache hat, mit fruchtbarer Ackererde, mit dem Schlamm aus Teichen und Gräben, oft auch mit Torf- und Braunkohlenpulver, auch wohl außerdem mit Kalk, Asche, Schutt, gebranntem Thon (zerstoßenen Ziegelsteinen), — welchem Gemenge man durch häufiges Begießen mit Jauche, oder durch Zusatz von menschlichen

Abweichendes Verhalten des Compostdüngers.

Excrementen, zerstoßenen Knochen und dgl. Substanzen eine größere Wirksamkeit zu verschaffen sucht. Bei einer so überaus veränderlichen Zusammensetzung würde es überflüssig sein, hier besondere Analysen mitzutheilen und eben so wenig kann man über die Wirkungsart des Compostdüngers auf die Entwicklung der Pflanzen im Allgemeinen Betrachtungen anstellen, da diese Wirkungsart offenbar mit der Veränderung der Bestandtheile selbst wechseln muß. Hinsichtlich der Bereitung eines kräftigen Compostes lassen sich allerdings vom wissenschaftlichen Standpunkte aus einige leitende Grundsätze aufstellen, welche jedoch als mehr unmittelbar in die Praxis eingreifend und auf dieselbe sich beziehend, erst später eine nähere Erörterung finden werden; dagegen ist über die Anwendung des Compostes als ein kräftig wirkender Wiesendünger in dem folgenden Paragraphen das Nöthige gesagt worden.

15. Die Düngung der Wiesen. Theorie der Wiesendüngung.

Einleitende Bemerkungen.

Den Wiesen und deren Vegetation hat man bisher in Deutschland, wie es scheint, nur an wenigen Orten die nöthige Aufmerksamkeit gewidmet; erst in neuester Zeit hat man angefangen, die Wiesen mittelst Planiren, Bewässern und Düngen zu einem höheren Grade der Fruchtbarkeit zu bestimmen. Man wird in dem Folgenden die Resultate einiger Düngungsversuche zusammengestellt finden, welche angestellt wurden, um die Wirkung gewisser Düngmittel auf den Graswuchs zu prüfen; jedoch ist zu bemerken, daß die hier mitgetheilten Versuche, Folgerungen und theoretischen Betrachtungen sich allein auf die eigentlichen Wiesen beziehen, die niemals vom Pfluge berührt werden; die zahlreichen Düngungsversuche hinsichtlich des zu Grasland niedergelegten Ackers werden erst später Erwähnung und Berücksichtigung finden.

Wo, wie in England, Belgien, in der Schweiz, Lombardei und ausnahmsweise in einzelnen Theilen Deutschlands, die Viehzucht und Viehmast in großer Ausdehnung und mit großer Vorliebe betrieben wird, und wo deswegen der Futterbau vor dem Körnerbau und der Cultur von Handelsfrüchten sehr vorherrscht, vielleicht noch begünstigt durch ein feuchteres Klima wegen der Nähe des Meeres, an solchen Orten wird nicht selten eine so große Quantität Dünger erzeugt, daß

man mit demselben gleichmäßig die Wiesen, wie den Acker zu überfahren im Stande ist, in solchen Gegenden wird alle Sorgfalt verwendet auf die Hervorbringung eines guten und intensiv kräftigen Futters, welches man auf den Wiesen in den meisten Fällen nur produciren kann nach der Düngung mit Stallmist oder einem anderen geeigneten Mittel. Auch bei uns in Deutschland hat fast jeder Landwirth, der kleinere wie der größere, durch eigene Erfahrung und Beobachtung die überaus günstige Wirkung des Stalldüngers auf den Wiesen bestätigt gefunden, aber nur selten befindet er sich in dem glücklichen Falle, daß er in regelmäßiger Folge den Wiesen wie dem Acker die durch mehrfache Ernten ausgesogene Kraft durch jenes Mittel direkt wieder zuführen könnte, gewöhnlich producirt er kaum so viel Dünger, um sein unterm Pfluge befindliches Feld in der erwünschten Fruchtbarkeit zu erhalten oder zu derselben zu erheben. Wenn nun aber der Erfahrungen hinsichtlich der günstigen Wirkung des Stalldüngers auf das Gedeihen der Wiesenpflanzen unzählige sind, so liegen doch nur sehr wenige in der Art vor, daß sie in ganz genau bestimmte Zahlenverhältnisse könnten zusammengefaßt und ausgedrückt werden, wie es nothwendig wäre, wenn die Wissenschaft aus ihnen ihre Vorlagen zu allgemeinen Folgerungen und Betrachtungen entnehmen soll. Ich kann hier auf keine anderen Versuche aufmerksam machen, als auf die, welche auf der landwirthschaftlichen Akademie zu Hohenheim in 8 auf einander folgenden Jahren auf einer guten mäßig feuchten Wiese durchgeführt wurden und zwar so, daß eine Parzelle alle Jahr, eine andere alle zwei Jahre mit Dünger überstreut wurde, eine dritte zur Vergleichung dienende und gleich große Fläche aber keinen Dünger erhielt. Auf 8 Jahre vertheilt betrug der jährliche Dünger für 1 Hectare Landes 13760 Kil.; der jährliche Durchschnittsertrag an Heu und Grummet von der gedüngten Wiese war in diesen 8 Jahren für die Fläche eines Hectare 6420 Kil., von dem ungedüngten Theile dagegen nur 3915 Kil.; der durch den Dünger bewirkte Mehrertrag betrug also jährlich 2505 Kil. Die ganze von der gedüngten Wiese erhaltene Ernte betrug 6420 Kil., also der daraus resultirende Dünger wenigstens das Doppelte oder etwa 13,000 Kil. Da nun der Düngeraufwand für die Wiese jährlich 13,760 Kil. ausmachte, so folgt, daß die Versuchswiese ungefähr mit Wiederverwendung des aus dem jährlich gewonnenen Futter zu erzeugenden Düngers auf einer gleichen und zwar hohen Stufe der Fruchtbarkeit erhalten wurde.

Wirkung des Stalldüngers zur Erhöhung der Ertragsfähigkeit der Wiesen.

Vergrößerung des Erntegewichtes.

Die Düngung bewirkt eine größere Sicherheit des Ertrages.

Die Düngung der Wiesen trägt aber auch bei, die Sicherheit des Ertrages zu erhöhen, indem auf solche in Kraft gehaltene Wiesen die ungünstigen Witterungsverhältnisse bei weitem nicht so nachtheiligen Einfluß äußern, als dies auf mageren, ungedüngten Grasfluren der Fall ist. Die in Hohenheim ausgeführten Versuche geben auch in dieser Hinsicht einige Anhaltepunkte. Es verhielt sich nämlich in den für Wiesenfuttererzeugung durch Trockenheit ganz ungünstigen Jahrgängen **1840** und **1841** der Heu- und Grummetertrag zu dem 8jährigen Durchschnittertrag:

a) auf der alljährlich gedüngten Parzelle wie **2** zu **3**;
b) auf der alle zwei Jahre gedüngten Parzelle wie **1** zu **2**;
c) auf der nie gedüngten Parzelle (wo auf der Fläche eines Hectare Landes der Jahresertrag in jenen beiden Jahren bis auf **960** Kil. sank) wie **1** zu **3**.

Verbesserung der Qualität der Ernte.

Einen dritten wichtigen Vortheil, den man außer der Vermehrung des Ertrages und der größeren Sicherheit einer guten Ernte von der Düngung der Wiesen gewinnt, ist die dadurch bewirkte Verbesserung des Heues. Die schlechten Gräser, Moos und Binsen werden vertrieben durch das üppige Hervortreten süßer und nahrhafter Gräser, von Klee- und Wickenarten und auf diese Weise von den gedüngten Wiesen ein so intensiv kräftiges Futter gewonnen, wie es durch andere Mittel auf Feld oder Wiese zu erzeugen kaum möglich sein möchte. Wo, wie in England, Belgien und anderswo, die Wiesendüngung ziemlich allgemein angewendet wird, bezahlt man das mit Hülfe derselben gewonnene Heu gern um $^1/_3$ höher als das von ungedüngten Wiesen, wenn auch die Bodenverhältnisse und sonstige äußere Umstände ganz dieselben sind.

In den obigen Versuchen hat die Behandlung der Wiesen mit Stallmist durch den erzielten Mehrertrag sich bezahlt gemacht, wenn man für Dünger und Heu einen mittleren Preis annimmt; in anderen Fällen, namentlich bei zu nassen und sumpfigen, wie auch bei zu trocknen Wiesen hat man von diesem Dünger wie überhaupt von den meisten anderen Düngmitteln keine besonders große Wirkung bemerken können.

Der Stalldünger ist in der Regel besser auf dem Acker als auf der Wiese zu verwerthen.

Es ist als allgemeine Regel anzusehen, daß überall und mehr noch auf der Wiese wie auf dem Acker, nur dann ein wirklich bedeutender Vortheil von der Düngung zu ziehen ist, wenn Bodenbeschaffenheit und Witterungsverhältnisse einen mittleren Grad der Feuchtigkeit herbeifüh-

ren, welcher am meisten die chemische Thätigkeit im Boden wie im Organismus der Pflanze selbst anregt und erhält. Es lassen sich daher auf die Grundlage von einzelnen wenigen Beobachtungen keine genauen Berechnungen basiren über den ökonomischen Werth oder die Verwerthung eines Düngers für diesen oder jenen Zweck, ganz abgesehen von den vielfach verschiedenen ackerbaulichen Verhältnissen, welche auf die Richtigkeit jener Berechnungen oft sehr störend einwirken können. Nur ganz im Allgemeinen kann man die Behauptung als richtig hinstellen, daß unter den in Deutschland herrschenden landwirthschaftlichen Zuständen der in einer Wirthschaft erzeugte Stalldünger auf dem pfluggängigen Acker sich besser verwerthet als auf der Wiese, theils weil durchschnittlich bei uns der Ackerboden noch lange nicht durch Cultur und Dünger in den Zustand der relativ höchsten Fruchtbarkeit gebracht worden ist und deshalb auch gegen die Zufuhr von neuem Dünger stets sich dankbar beweist, theils weil bei uns im Allgemeinen den stark aussaugenden Halm- und Oelfrüchten der Vorrang eingeräumt ist vor den Blattfrüchten und Futterkräutern, so daß auf der einen Seite dem erschöpften Acker auch eine möglichst große Düngmasse nöthig ist, auf der anderen Seite aber unter den bestehenden Verhältnissen keine sehr beträchtliche Düngerquantität producirt wird und diejenige, welche vorhanden ist, durch die Früchte des Feldes besser bezahlt wird als durch das mehrerzeugte Gras der Wiesen. Es ist zu berücksichtigen, daß eine niemals gedüngte Wiese durchaus nicht einem völlig ausgesogenen Felde parallel gesetzt werden darf, sondern hinsichtlich des Ertrages stets mit einem in halber Düngung und mittlerer Kraft stehenden Acker verglichen werden muß; denn die Wiese erhält, vermöge der eigenthümlichen Beschaffenheit ihres Bodens und der auf ihr gedeihenden Pflanzen, ihr Produktionsvermögen zum großen Theil durch das auf sie niederfallende und überhaupt mit ihr in Berührung tretende Wasser. Das Feld begnügt sich keineswegs mit Wasser allein, wenn es auch dankbar dasselbe in gewissen Mengenverhältnissen und zu bestimmten Zeiten aufnimmt. Die Wiese ist immer in gewissem Grade fruchtbar, sie sinkt in dieser Hinsicht bei der alleinigen Gegenwart von hinreichender Feuchtigkeit niemals so tief, als dies bei dem Acker der Fall ist, wenn demselben im Dünger nicht direkt Nahrungsstoffe zugeführt werden. Man kann recht wohl den bisherigen Erfahrungen zufolge annehmen, daß, wenn man eine Quantität Dünger auf eine gute mäßig feuchte Wiese bringt, hier unter nur einigermaßen günstigen Witte-

Die ungedüngte Wiese ist einem in halber Kraft befindlichen Acker zu vergleichen.

rungsverhältnissen ein eben so großer Mehrertrag an vegetabilischer Substanz erzielt wird, als wenn man eine gleiche Düngmasse auf einen nur in halber Düngkraft befindlichen Acker ausstreut, obgleich der Erfolg in dem ersteren Falle keineswegs ganz so gesichert sein möchte, als in dem letzteren. Nun ist aber meistens ein gleiches Gewicht an Halm-, Oel- und andern Handelsfrüchten (Stroh und Körner zusammengenommen) schon mehr werth als dasselbe Gewicht an Heu. Hierzu kommt aber noch der Umstand, daß der Dünger einen noch ungleich höheren Werth für den Acker hat, wenn man den letzteren, bei sonst guter Cultur, im ausgetragenen oder erschöpften Zustande betrachtet; wenn nämlich auf 1 Hectare eines erschöpften, aber sonst guten Ackerlandes ohne neuen Dünger noch 2000 bis 3000 Kil. Getreidegarben wachsen, so kann man hier durch Zusatz von jährlich über 13,000 Kil. Dünger (auf 3jährige Düngung also auf etwa 40,000 Kil. berechnet), welche in den oben mitgetheilten Düngungsversuchen auf Wiesen verwendet wurden, den Ertrag des Ackers recht wohl bis auf 6000 Kil. steigern, während eine gleiche Düngermenge auf einem in halber Kraft befindlichen Boden den Ertrag nur von etwa 4500 Kil. bis auf 6500 und höchstens 7000 Kil. zu steigern im Stande sein wird, denn auf einem nicht vernachlässigten und verwilderten Felde nimmt die Fruchtbarkeit im gleichen Verhältniß mit der größeren Düngerzufuhr nur bis zu einem gewissen Punkte zu, darüber hinaus steigert sich die Ertragsfähigkeit, wenigstens bei alleiniger Anwendung des gewöhnlichen Stalldüngers, bedeutend langsamer. Wenn man nun schließlich bedenkt, daß in sehr vielen, ja vielleicht in allen Provinzen Deutschlands, mit nur wenigen Ausnahmen, der Ackerboden, wegen Mangel an Düngkraft, noch lange nicht die relativ höchste Stufe der Ertragsfähigkeit erreicht hat, so wird man die Behauptung für unsere Verhältnisse als vollkommen richtig anerkennen müssen, daß der Stalldünger mit größerem Vortheil auf dem Acker, als auf der Wiese zu verwenden sein möchte, eine Wahrheit, die um so einleuchtender sein wird, wenn man bedenkt, daß der Stalldünger keineswegs allein chemisch, durch seine direkte Ernährungsfähigkeit wirkt, sondern daß ein vielleicht eben so großer Theil seiner günstigen Wirkung der in Folge seiner Anwendung eintretenden Verbesserung des physikalischen oder mechanischen Zustandes der Ackerkrume zugeschrieben werden muß, eine Art der Wirkung, welche aus leicht begreiflichen Ursachen nur eben auf dem pfluggängigen Felde, nicht aber auf dem Wiesenboden eine Bedeutung gewinnen kann.

Außer dem Stalldünger stehen dem Landwirthe der Gegenwart noch eine Menge anderer Substanzen zu Gebote, welche pflanzennährende Kraft besitzen und daher auf Wiesen wie auf dem Felde ihre günstige Wirkung nicht versagen. Die sogenannten künstlichen oder käuflichen Düngmittel haben in ihrer Bedeutung als Neben- oder Beidünger zur Erhöhung der Ertragsfähigkeit des Ackers zum größten Theile bereits im Vorhergehenden eine ausführliche Erwähnung gefunden und ebenfalls ist schon beiläufig auf deren Wirkung für die Erhöhung und Verbesserung des Wiesenwuchses aufmerksam gemacht worden. Ich kann mich daher hier auf eine kurze Wiederholung und einige nachträgliche Bemerkungen beschränken. Allen unseren Erfahrungen zufolge muß man dem chemisch gebundenen Stickstoff die erste Stelle einräumen als düngende Substanz; solche Stoffe, welche entweder schon fertig gebildetes Ammoniak in aufnehmbarer Form enthalten oder doch solche Stickstoffverbindungen, welche durch den Prozeß der Fäulniß und Verwesung schnell zu der Bildung einer entsprechenden Menge Ammoniak Veranlassung geben, solche Körper bewirken immer die deutlichste und und am meisten in die Augen fallende Vermehrung der vegetabilischen Substanz, so auf der Wiese wie auf dem Acker. Wenn das Ammoniak bereits in auflöslicher Form in der Düngsubstanz vorhanden ist, wie in den reinen Ammoniaksalzen, in der Jauche, im Guano und anderen Mischungen so bleibt die Wirkung selbst unter den ungünstigsten Boden-, Witterungs- und klimatischen Verhältnissen niemals aus, wenn auch durch die letzteren der Erfolg bedeutend geschwächt wird; ist der Stickstoff schon etwas fester gebunden wie in dem Raps- und Leinkuchenmehl, besonders aber in dem Knochenmehl, so kann bei zu trockener Witterung die Wirkung, so lange diese Witterung herrscht, gänzlich gleich Null werden, weil der nothwendig vorhergehende Fäulniß- und Verwesungsprozeß hierdurch sehr verlangsamt wird und nicht hinreichende Feuchtigkeit vorhanden ist, um die pflanzenernährenden Stoffe in die auflösliche, d. h. aufnehmbare Form überzuführen; es wird aber auf diese Weise die Wirkung nur verzögert, nicht aufgehoben, bei wieder eintretender günstiger Witterung tritt sie auch wiederum in Thätigkeit. Die früher angeführten Versuche Kuhlmann's beweisen das so eben Gesagte zur Genüge; aus den Resultaten aber derselben Versuche, wie auch der von mir selbst angestellten Beobachtungen, geht ferner hervor, daß die Wirkung der leicht auflöslichen stickstoffhaltigen Verbindungen nur eine einjährige ist, daß ein sehr beträchtlicher Theil der düngenden

Wirkung der künstlichen Düngmittel zur Erhöhung der Fruchtbarkeit der Wiesen.

Wirkung der stickstoffhaltigen Düngmittel.

Substanz, nämlich fast Alles, was in dem ersten Jahre nicht vollständig von der Pflanze aufgenommen und verarbeitet werden kann, durch Verflüchtigung für die Vegetation einer bestimmten Fläche Landes verloren geht und daß schon aus diesem Grunde die Anwendung jener Stoffe im Großen, in ihrem unvermischten Zustande, nicht rathsam ist, ganz abgesehen von ihrem oft viel zu hohen Preise, welcher deren Anwendung ökonomisch unvortheilhaft macht. Der Guano und nach ihm das Rapskuchenmehl verhalten sich hinsichtlich der Sicherheit und Höhe ihrer Wirkung, im Verhältniß zu ihrem Stickstoffgehalte, bedeutend günstiger als die reinen Ammoniaksalze; besonders hinsichtlich des Guanos liegen schon viele Erfahrungen vor, welche beweisen, daß diese Düngsubstanz unter dem Einfluß einer geeigneten Bodenbeschaffenheit und zusagenden Witterung (namentlich in etwas höherer Lage oder wo die klimatischen Verhältnisse überhaupt der Verflüchtigung des Ammoniaks entgegenwirken) so gut wie vollständig in die Zusammensetzung der neu gebildeten vegetabilischen Substanz eingeht. Kuhlmann erhielt bei Anwendung von 300 Kil. Guano auf der Fläche eines Hectare einen Mehrertrag an Heu von 2470 Kil., eine Wirkung, die in Betracht des nur geringen Stickstoffgehaltes im angewendeten Guano (5 Proc.) sehr beträchtlich ist; ein auf dem akademischen Folgengute bei Tharandt angestellter Versuch lieferte unter dem Einfluß von nur 75 Kil. Guano, welcher aber viel reicher an Stickstoff war, nämlich über 12 Proc. enthielt, einen Mehrertrag von beinahe 1500 Kil. Auch hat man die Erfahrung gemacht, daß der Guano als Wiesendünger ebenfalls im zweiten und dritten Jahre nach seiner Aufbringung noch eine merkliche, wenn auch bedeutend geringere Wirkung ausübt; ob aber diese Wirkung dem noch nicht völlig erschöpften Stickstoff- oder Ammoniakgehalte zugeschrieben werden muß oder vielleicht von der Gegenwart eines anderen Stoffes, nämlich der Phosphorsäure abhängig ist, ist eine Frage, welche bis jetzt nicht mit völliger Bestimmtheit beantwortet werden kann. Schließlich will ich noch bemerken, daß die Erfahrung keineswegs eine fortdauernde Düngung der Wiesen mit sehr stickstoffhaltigen und leicht auflöslichen Stoffen rathsam erscheinen läßt; es ist nämlich bekannt, daß durch eine oftmals wiederholte Düngung mit Jauche z. B., dem Gras und Heu der Wiesen eine voluminöse, wässerige und schwammige Beschaffenheit und dadurch eine bedeutend geringere Nahrkraft ertheilt wird und daß man keineswegs die Ansicht hegen darf, nach welcher bei Anwendung

von sehr stickstoffhaltigen Substanzen auch ein größerer Futterwerth in den unter ihrem treibenden Einfluß gewachsenen Pflanzen erzielt würde. Das Letztere ist nur bis zu einem gewissen Punkte der Fall, nur dann, wenn die gleichzeitig vorhandenen und aufnehmbaren Mineralstoffe, namentlich die phosphorsauren Salze mit jenen Stickstoffverbindungen in einem passenden Verhältnisse im Boden zugegen sind.

Wirkung der auflöslichen Mineralstoffe auf Wiesen.

Die auflöslichen Mineralstoffe sind fast überall auf den Wiesen von einer günstigen Wirkung; wohl jeder Landwirth sammelt die in der Wirthschaft vorhandene Asche sorgfältig und bringt dieselbe, entweder für sich allein oder mit Erde gemengt, vorzugsweise auf seine Wiesen. Freilich ist die Wirkung der Asche je nach deren Zusammensetzung und je nachdem schon im Boden größere oder geringere Mengen jener Stoffe in aufnehmbarer Form vorhanden sind, eine sehr verschiedene, immer aber wird sie eine günstige und selbst oft viele Jahre anhaltende sein. Kuhlmann fand in seinen früher mitgetheilten Versuchen, daß 1000 Kil. Tabaksasche im ersten Jahre einen Mehrertrag von 346 Kil. an Heu bewirkten, 4000 Kil. Steinkohlenasche 879 Kil., ferner 300 Kil. Soda 346 Kil. Heu und 200 Kil. Kochsalz sogar 1159 Kil. Heu und Grummet erzeugten. Die von mir ausgeführten Versuche über den Grad der Wirkung verschiedener Mineralsalze auf die Beförderung der Vegetation bestätigen gleichfalls die durch die Erfahrung längst festgestellte Thatsache, daß die Asche und deren einzelnen Bestandtheile im höheren oder geringeren Grade das Wachsthum der Pflanzen und namentlich der Gräser und der Kleearten zu unterstützen im Stande sind. Auch ist schon darauf aufmerksam gemacht worden, daß unter den Aschenbestandtheilen den leicht auflöslichen alkalischen Salzen eine weit höhere Bedeutung zuerkannt werden muß als den schwer- und unlöslichen, und überdies gewöhnlich in weit größerer Menge bereits im Boden angehäuften Verbindungen der Kalkerde und Magnesia. Endlich erinnere ich daran, daß ich allerdings der Phosphorsäure, sei sie in Verbindung mit den Alkalien oder mit den Erden, als Bestandtheil einer zweckmäßigen Wiesendüngung eine vorzugsweise hohe Bedeutung zuschreibe und zwar aus Gründen, welche ich theils theoretischen Betrachtungen, theils aber auch den Resultaten vielfacher Beobachtungen und direkt angestellter Versuche entnehme. Ehe ich auf den zuletzt angedeuteten Gegenstand eingehe, will ich vorher auf einige ganz neulich mitgetheilte Versuchsresultate aufmerksam machen, welche auf's Neue beweisen, wie sehr die Wirkung verschiedener Düngmittel

durch eigenthümliche Boden- und Witterungsverhältnisse modificirt wird.

Versuche mit verschiedenen Düngmitteln auf Wiesen.

Kindt auf Kuppritz (sächsische Oberlausitz) hat im J. 1850 Düngungsversuche angestellt auf sehr schlechtem Wiesenboden, der sehr trocken war, im natürlichen Zustande vorherrschend Bocksbart producirte, außerdem reichlich mit Moos und kurzem Haidekraut bedeckt und in trocknen Jahrgängen nicht des Abmähens werth war. Auf 12 einzelne Parzellen dieses Bodens (jede zu 30 Quadratruthen) wurden 12 verschiedene Düngmittel im Frühjahr ausgestreut, deren sehr von einander abweichende Wirkung aus den hier zusammengestellten Ernteergebnissen, welche auf französisches Maaß und Gewicht berechnet worden sind, zu ersehen ist.

		Menge der Düngsubstanz auf 1 Hectare.	Erntegewicht an Heu auf 1 Hectare.
1.	Düngesalz (woher?)	23,4 Hectol.	3078 Kil.
2.	Guano	270 Kil. in 432 Hect. Wasser aufgelöst	2826 „
3.	Holzerde	234 Hectol.	2700 „
4.	Holzasche	30,6 Hectol.	2780 „
5.	Rapsmehl	1310 Kil.	2682 „
6.	Jauche	81 Hectol.	2106 „
7.	Gips	2250 Kil.	2070 „
8.	Compost	401,4 Hectol.	1458 „
9.	Hornspäne	36 Hectol.	1386 „
10.	Kalk	26 Hectol.	1170 „
11.	Aescher (Seifensiederasche)	69,5 Hectol.	936 „
12.	Knochenmehl	648 Kil.	846 „

Die Witterung war im Mai und Juni, wie ausdrücklich angegeben wird, dem Wachsthum des Grases ganz ungünstig, denn es war viel zu trocken und auch sehr kalt; ein ähnliches Verhalten zeigte sich auch in den Monaten Juli, August und September, so daß die Unterschiede bei der Grummeternte sehr verwischt waren und daher von einer näheren quantitativen Prüfung bei der letzteren ganz abgesehen wurde. Es ist zu bedauern, daß von den ungedüngten Wiesenparzellen die Erträge nicht genau bestimmt und mitgetheilt worden sind und ferner, daß über die Beschaffenheit des Bodens keine genaueren An-

gaben vorliegen. Aus den Resultaten so vereinzelt dastehender Versuche, die noch dazu unter sehr ungünstigen Witterungsverhältnissen angestellt wurden, und in denen die Nachwirkung der angewendeten Düngmittel noch nicht hat erforscht werden können, wird es nicht statthaft sein, allgemeine Folgerungen zu ziehen hinsichtlich des Werthes und der Wirkung einer einzelnen Düngsubstanz. Wir sehen indessen hier wiederum die günstige Wirkung der leicht auflöslichen Substanzen, namentlich des Guano, der Jauche und des Rapsmehles, aber auch der alkalireichen Holzasche bestätigt, während die unlöslichen Stoffe bei vorherrschender Trockenheit nicht zur Wirkung gelangen konnten, wenn sie auch an pflanzenernährender Kraft sehr reich waren; die letztere wird aber im nächstfolgenden und vielleicht mehrere Jahre später unter günstigeren Witterungsverhältnissen zur Thätigkeit gelangen und so für die Vegetation überhaupt keineswegs verloren sein. Die letztere Bemerkung bezieht sich hauptsächlich auf das Knochenmehl und die Hornspäne, welche in dem angeführten Jahre fast gar nicht gewirkt hatten, sonst aber und zwar gerade in derselben Gegend, bei Gegenwart von genügender Feuchtigkeit, als überaus kräftige Düngstoffe im Acker und auch auf der Wiese allgemein bekannt sind.

Wirkung der phosphorsauren Salze zur Erhöhung der Wiesenerträge.

Die vielfach bereits in Erwähnung genommenen von Kuhlmann ausgeführten Düngungsversuche geben auch deutliche Beweise für die günstige Wirkung der reinen phosphorsauren Salze; auf einer neu angelegten Wiese bewirkten im ersten Jahre der Anwendung, unter dem Einfluß einer allerdings günstigen, nämlich feuchten Witterung 150 Kil. phosphorsaures Natron einen Mehrertrag an Heu und Grummet von 1633 Kil., 300 Kil. Knochenasche einen Mehrertrag an Heu allein um 1785 Kil. Daß in sehr trocknen Jahrgängen die Wirkung dieser, wie anderer Mineralstoffe, fast vollkommen ausbleibt, bedarf keiner weiteren Erklärung und beweist Nichts gegen das Vortheilhafte von deren Anwendung; wenn die Mineralverbindungen, wie z. B. der phosphorsaure Kalk (die Knochenasche) unlöslich oder schwerlöslich in Wasser sind, so wird die Winterfeuchtigkeit nur wenig in die tieferen Schichten des Bodens oder in den Untergrund versinken lassen, und die Wirkung unter günstigeren Verhältnissen im nächsten Jahre und vielleicht noch viele Jahre lang nicht ausbleiben; gehören jene Verbindungen hingegen zu den leicht auflöslichen, dann allerdings wird auch eine größere oder geringere Menge derselben mit der Feuchtigkeit in die Tiefe gehen und so also bei dem Wiedererwachen der Vegetation aus

dem Bereiche der Pflanzenwurzeln herausgetreten sein, wenn nicht die Bodenbeschaffenheit selbst dem leichten Auswaschen jener werthvollen Stoffe hindernd entgegentritt. Ein mir bekannter sächsischer Landwirth hat seine Wiesen, welche im ungedüngten Zustande kaum einen einzigen mageren Schnitt lieferten, durch die Behandlung eines Gemenges von Erde und feingepulvertem Knochenmehl zu einer ausnehmend hohen Productivität veranlaßt, welche noch jetzt nach 10 Jahren kaum sich vermindert hat, trotzdem, daß seit dieser Zeit keine neue Düngung stattfand. Auch auf Bewässerungswiesen hat die nachhaltige Wirkung des Knochenmehles sich bewährt. Nach einer so langen Zeit wird man wohl schwerlich dem Stickstoff der Knochen noch einen bedeutenden Grad der Wirkung zutrauen können. In Frankreich hat man vor einiger Zeit auf Neuland unter dem Einfluß der Knochenkohle, der sogenannten Zuckerkohle, die Vegetation weit üppiger sich entfalten sehen als nach der Anwendung von Stalldünger. Auch aus England wird über die lang anhaltende Wirkung des Knochenmehles berichtet; in Cornwall wurde im Jahre 1835 unfruchtbares Land umgebrochen, welches nichts wie Haide und Ginster producirte und zu Turnips theils mit Knochenmehl (600 Kil. auf 1 Hectare), theils nur mit der Asche gedüngt, welche man durch Aufbrechen und Brennen des Bodens erhielt; 1836 und 1837 wurden hinter einander zwei Halferernten genommen und dann der Boden zu Grasweide niedergelegt. „Noch jetzt," so heißt es in dem Berichte, „15 Jahre nachdem es zuerst aus der Oede aufgebrochen worden ist, ist die Wirkung der Knochen noch sehr deutlich sichtbar, indem eine deutliche Grenze zu ziehen ist zwischen einem reichen Graslande und einer armen mageren Weide. Dieses und ein Dutzend anderer Beispiele ähnlicher Art, hat die Aufmerksamkeit vieler Landwirthe erregt und es sind deshalb von dem angeführten Boden zwei Proben (eine von der mit Knochen gedüngten Fläche und eine andere von der nicht mit Knochen behandelten Fläche) dem Herrn Hunt zur Analyse übergeben worden, ohne daß dieser von dem Ereigniß selbst Kenntniß erhielt." Die Resultate dieser Analysen waren:

Erfahrungen über Knochendüngung in England.

	Ohne Knochendüngung.	Mit Knochendüngung.
Wasser, ausgetrieben durch Trocknen im Ofen	14,06	14,18
Vegetabilische u. animalische braune Materie	12,01	12,05
Kieselerde und Kieselsteinchen	49,54	49,50
Eisenoxyd	7,30	7,00

	Ohne Knochendüngung.	Mit Knochendüngung.
Kohlensaurer Kalk	1,05	1,06
Kohlensaure Magnesia	0,25	0,35
Schwefelsaurer Kalk	1,05	1,04
Chlorverbindungen	0,54	0,54
Thonerde	7,10	6,04
Phosphorsaurer Kalk	0,10	0,75
Phosphorsaure Magnesia	,,	0,05
Kali	1,00	1,27
Humus, auflöslich in Alkalien	6,00	6,17

Nur der ungleich höhere Phosphorsäuregehalt in der mit Knochen behandelten Ackerkrume kann die hier beobachtete größere Fruchtbarkeit bedingt und hervorgerufen haben.

Erörterung der Umstände, unter welchen die Knochendüngung ohne Wirkung ist.

Ueberall bei der Erörterung landwirthschaftlich wichtiger Fragen, überall bei der Anstellung von theoretischen in das Gebiet des Ackerbaues einschlagenden Betrachtungen muß man alle modificirend einwirkenden Verhältnisse wohl berücksichtigen; was an dem einen Orte rathsam und vortheilhaft ist, würde an dem andern oft thöricht und sogar schädlich sein; man kann stets nur bedingungsweise sprechen. Wenn aber Praxis und Theorie in vielen bereits vorliegenden Fällen in Uebereinstimmung sich befinden, so wird es auch gestattet sein, von dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft aus eine umfassende, allgemeine Theorie aufzustellen, ohne jedoch die Fälle außer Acht zu lassen, wo diese Theorie ungültig ist, wo sie nicht stichhaltig sein kann. Ich habe im Vorhergehenden die Phosphorsäure als einen besonders wichtigen Bestandtheil einer guten Wiesendüngung hingestellt, ich will hier nun auch die Fälle näher bezeichnen, in welchen diese Substanz keinerlei Wirkung auszuüben vermag; diese Ausnahmen werden aber keineswegs die allgemeine Regel aufheben. Wo man in Folge der natürlichen, geognostischen Beschaffenheit im Wiesenboden bereits die Gegenwart einer beträchtlichen Menge Phosphorsäure voraussetzen muß, da wird es natürlich ganz unnütz sein, neue Quantitäten hinzuzubringen, man würde keine Art von Wirkung beobachten können. An einigen Orten Deutschlands tritt ein Glied der Kreideformation, der sogenannte Grünsand zu Tage; die dieses Gestein überdeckende Ackerkrume ist reich an natürlicher Fruchtbarkeit, deren Ursache hier vorzugsweise in dem verhältnißmäßig großen

Gehalt jenes Gesteines an Phosphorsäure gesucht werden muß. Nach Paine und Way tritt in England, in dem Kirchspiel Farnham, ein schmales Band des oberen Grünsandes an die Oberfläche und durchsetzt die übrigen Felder. „Dieses Band besitzt eine ausnehmend große natürliche Fruchtbarkeit und braucht nur wenig gedüngt zu werden; auch hier hat man von der Knochendüngung nicht die geringste günstige Wirkung verspürt." In der Oolith- und Kreideformation kommen einige Mergelschichten vor, welche stark phosphorsäurehaltig sind; es finden sich nämlich hier entweder für sich in mehr oder weniger mächtigen Lagern abgesondert oder mechanisch zertrümmert im fein zertheilten Zustande die ganze Masse durchdringend, sogenannte Coprolithen, versteinerte Excremente urweltlicher Thiere, und in denselben ist nach Verwesung aller organischen Substanzen fast die ganze Menge der ursprünglich vorhandenen Phosphorsäure noch zurückgeblieben. Namentlich in einigen Gegenden Englands finden sich solche phosphorhaltige Mergel in etwas größerer Ausdehnung. Nach Way enthielt ein Kalkmergel in 100 Theilen 2,5 Theile phosphorsauren Kalk und die Coprolithen selbst, vom Mergel getrennt bis 15 Proc. phosphorsauren Kalk nebst einer beträchtlichen Menge Kali. „Wo dieser Kalkmergel die Oberfläche bildet, da ist der Boden berühmt wegen seiner Fruchtbarkeit; die reichlichen Ernten von Weizen, Bohnen und Klee, welche hier mit einer verhältnißmäßig geringen Quantität Dünger wachsen, bezeugen seine Ertragsfähigkeit. Die Anwendung von Knochen hat hier gewöhnlich keine deutliche Wirkung hervorgebracht; ganz allgemein dagegen hat man die Erfahrung gemacht, daß Düngmittel, die viel stickstoffhaltige Materien enthalten, ausgezeichneten Erfolg haben." Jeder Kalkstein und mehr noch jeder Mergel enthält mehr oder weniger deutliche Spuren von Phosphorsäure, die nicht selten bis zu quantitativ bestimmbaren Mengen sich erheben. Wenn dergleichen Mergel an der Zusammensetzung des Wiesenbodens Theil haben oder unmittelbar unter der Ackerkrume anstehen, so ist klar, daß stets eine hinreichende Menge Phosphorsäure im Boden vorhanden sein und den Pflanzen zur Aufnahme sich darbieten muß; in Norddeutschland, wo die Mergellager außerordentlich häufig vorkommen und in vielen Gegenden fast überall ganz nahe unter der Ackerkrume zu bemerken sind, auch hier hat man von der Knochendüngung einen nur geringen Erfolg beobachtet, dieselbe wird großentheils durch den Mergel ersetzt und zwar nicht dadurch, daß mit dem letzteren dem Boden Kalk zugeführt wird,

Vorkommen von phosphorhaltigem Mergel im Boden.

sondern in Folge des oft verhältnißmäßig beträchtlichen Gehaltes an Phosphorsäure. Die phosphorhaltigen Düngmittel werden stets da am meisten das Wachsthum der Pflanzen befördern, wo entweder noch niemals eine direkte Düngerzufuhr stattgefunden hat, oder wo die zur Anwendung gekommenen Düngmittel einen nur geringen Gehalt an Phosphorsäure gehabt haben. Wenn die Wiesen schon oft mit mürbem Stallmiste oder mit guter Holzasche behandelt worden sind und namentlich, wenn in regelmäßiger Folge alle 2 oder 3 Jahre eine solche Düngung stattgefunden hat, dann wird auch in der Regel schon soviel Phosphorsäure im Boden zugegen sein, daß eine neue Zufuhr dieser Substanz keine auffallende Wirkung zeigen kann, weil durch jene Mittel meistens mehr Phosphorsäure dem Boden zurückgegeben wird, als durch die Ernten ihm entzogen ist und weil dieser Ueberschuß an Phosphorsäure wegen der Schwerlöslichkeit von deren Verbindung mit Kalkerde sich längere Zeit in den pflanzenernährenden Schichten des Wiesenbodens erhalten muß. Es ist aber hauptsächlich deshalb auf die Bedeutung der Phosphorsäure als ein Düngmittel für die Wiesen aufmerksam gemacht worden, weil in Deutschland nur sehr selten die Wiesen sich einer solchen Behandlung zu erfreuen haben, daß man in dem Boden derselben einen hinreichenden Gehalt an aufnehmbarer Phosphorsäure voraussetzen könnte; in den meisten Fällen findet niemals eine Düngung statt oder doch nur eine sehr spärliche oder mit solchen Stoffen, welche, wie die Jauche, wenig oder gar keine Phosphorsäure enthalten. Es wird daher auch, meiner Ueberzeugung und der bereits mehrfach vorliegenden Erfahrung zufolge auf Wiesen eine Düngung mit gutem Composte, welchem man eine gewisse Quantität möglichst fein zertheilten Knochenmehles innig beigemischt hat, zweckmäßig sein und in den meisten Fällen sich reichlich bezahlt machen. Daß diese Compostdüngung um so wirksamer sich zeigen wird, wenn zu gleicher Zeit durch dieselbe auflösliche Stickstoffverbindungen in reichlicher Menge den Pflanzen dargeboten werden, und daß es sehr thöricht wäre, statt des frischen Knochenmehles die Knochenasche anzuwenden, wenn beiderlei Substanzen zu gleichen Preisen zu haben sind, bedarf wohl nach dem Gesagten keiner weiteren Erörterung.

Gehalt des oft mit Stalldünger behandelten Wiesenbodens an Phosphorsäure.

Am Schluß dieses Capitels will ich die so eben angestellten theoretischen Betrachtungen nochmals zusammenfassen und mit wenigen Worten

Die Theorie der Wiesendüngung

Theorie der Wiesendüngung. entwickeln, indem ich im Voraus bemerke, daß von der Wirkung des Wassers als Düngmittel für die Wiesen in dem nächstfolgenden Capitel ausführlicher die Rede sein wird.

Es ist einleuchtend, daß die Pflanzen überall nach denselben Naturgesetzen sich entwickeln und stets dieselben Nahrungsstoffe in sich aufnehmen und verarbeiten. Wir wissen aber, daß diese Nahrungsstoffe der Pflanzen außer dem Wasser theils luftförmige Körper sind, die aus den düngenden, in dem Boden enthaltenen Stoffen sich entwickeln oder an sich schon wesentliche Bestandtheile der Atmosphäre bilden, theils aber aus gewissen Mineralstoffen bestehen, welche, wie das Kochsalz, die Soda, Pottasche, das Bittersalz, der Gips ꝛc., in Wasser mehr oder weniger auflöslich sind. Wenn auf dem Acker, dem von Außen her reichlicher Dünger zugeführt wird, Jahr aus Jahr ein eine üppige Vegetation sich entwickelt, so hat diese Erscheinung eben in dem aufgebrachten Dünger ihren natürlichen Grund; wenn wir aber von niemals gedüngten Wiesen alle Jahre Heu und Grummet ernten, so muß jedenfalls eine andere Ursache vorhanden sein, aus welcher die nie ganz erschlaffende Fruchtbarkeit der Wiesen zu erklären sein wird. Diese Ursache kann nicht im Boden selbst zu suchen sein, denn wenn dieser auch eine noch so große natürliche Fruchtbarkeit besäße, so müßte dieselbe dennoch, da wir jährlich Ernten fortnehmen, ohne neuen Dünger oder neue Kraft hinzuzuführen, bald auf merkliche Weise sich vermindern und endlich, wenn auch erst im Verlaufe von vielen Jahren, gänzlich vernichtet werden. Wir müssen also jene Ursache nothwendig entweder in der Luft suchen, welche mit den Wiesenpflanzen in Berührung sich befindet, oder in dem Wasser, welches auf natürlichem oder künstlichem Wege die Wiesen zeitweise überschwemmt. Beide Mittel, Luft und Wasser, sind in der That die Düngstoffe, welche je nach den Umständen auf den Wiesen ohne Aufhören eine mehr oder weniger üppige Vegetation zu Wege bringen.

Wirkung des Wassers und der Bestandtheile desselben. Das Wasser enthält nicht allein eine Menge der Mineralsalze aufgelöst, welche zum Gedeihen der Gewächse nothwendig sind, sondern die überhaupt größere und länger zurückgehaltene Feuchtigkeit des Wiesenbodens vermittelt auch die Aufnahme der in der Atmosphäre verbreiteten wichtigen pflanzenernährenden Stoffe. Wenn man die Wie-

sen betrachtet, welche, wie es in der Regel der Fall ist, mit Flußwasser überschwemmt werden, oder auch für gewöhnlich nur durch Schnee- und Regenwasser die erforderliche Feuchtigkeit erhalten, so bleibt die vermittelnde Eigenschaft des Wassers zwischen den nahrhaften Bestandtheilen der Atmosphäre und dem lebensthätigen Organismus der Pflanze zwar immer dieselbe, aber die im Wasser aufgelösten Stoffe bedingen je nach den wechselnden Quantitäten, in welchen sie auftreten, einen wesentlichen Unterschied in der Beförderung des Wiesenwuchses bei Anwendung dieses oder jenes Wassers. In dem Wasser der Quellen, Flüsse und Teiche, in welche sich nicht die Abflüsse von Düngergruben, Miststätten oder vom gedüngten Ackerlande in bedeutender Menge ergießen, sind in der Regel alle diejenigen Mineralstoffe in genügender Quantität aufgelöst oder aufgeschwemmt enthalten, deren Gegenwart überhaupt zu einem freudigen Gedeihen der Pflanzen wesentlich ist, mit Ausnahme jedoch (in den meisten Fällen wenigstens) von einem Stoffe, welcher, wenn man sonst einen Unterschied in der Bedeutung der verschiedenen Pflanzennahrungsmittel machen will, vielleicht als der wichtigste der in dieser Hinsicht in Erwähnung kommenden Mineralkörper betrachtet werden kann; ich meine nämlich die Phosphorsäure, ein Körper, von welchem in dem Wasser gewöhnlich nur Spuren, oft nicht einmal diese, nachgewiesen werden können. Die Phosphorsäure tritt in der Natur fast ausschließlich in Verbindung mit Kalkerde auf, diese Verbindung ist aber bekanntlich vorzugsweise nur bei Gegenwart von freier Kohlensäure in Wasser ein wenig auflöslich, sie scheidet sich sofort wieder aus, sobald die freie Kohlensäure aus dem Wasser an der Luft bis auf eine geringe Menge entweicht; schon weil das Flußwasser fast stets arm ist an freier Kohlensäure, kann es auch keinen nur einigermaßen beträchtlichen Gehalt an phosphorsaurem Kalke zeigen und daher diesen Stoff den Wiesen und den auf ihnen vegetirenden Pflanzen nicht zuführen. Aber auch in dem aufgeschwemmten Lande der Wiesen in dem natürlichen Zustande desselben ist der phosphorsaure Kalk meist nur in geringer und keineswegs immer in genügender Menge enthalten und dieses um so weniger, je leichter und sandiger der Boden ist. Eine Zufuhr dieses Körpers wird deshalb vorzugsweise wünschenswerth und oft allein schon im Stande sein, eine merkliche Vermehrung der Erträge auf den Wiesen zu bewirken; daß dieses wirklich der Fall ist, geht aus den oben mitgetheilten bereits vorliegenden Erfahrungen hervor.

Geringer Gehalt des Wassers an Phosphorsäure.

Bedeutung der Alkalisalze für das Wachsthum der Wiesenkräuter.

Die Asche, namentlich die Holzasche, wirkt außer durch ihren Gehalt an Phosphorsäure durch die gleichfalls vorhandenen Alkalisalze, wie Kochsalz, Pottasche, Soda ꝛc. Diese Körper sind oft schon in bedeutender Menge in dem Erdboden vorhanden und in dem Wasser aufgelöst, welches die Wiesenpflanzen befeuchtet; aus diesen Quellen kann allerdings eine reichliche Menge dieser Nahrungsstoffe bezogen werden, — vielfache Erfahrungen beweisen aber, daß eine direkte Zufuhr die Vegetation fast überall, namentlich auf etwas trocknen, nicht bewässerungsfähigen Wiesen, bedeutend zu steigern im Stande ist und daß der höhere Gehalt des Bodens an diesen Substanzen fast unter allen Umständen auch eine größere Fruchtbarkeit bedingt.

Wirkung des Ammoniaks als Bestandtheil des Wiesendüngers.

Der Bestandtheil endlich, welchem man mit Recht die wichtigste Stelle einräumt bei der Beurtheilung der Wirkung und des Werthes eines Düngmittels, ist das Ammoniak. Eine Mischung, welche das Ammoniak in größter Menge enthält oder aus sich zu entwickeln vermag, ist hinsichtlich ihres Düngwerthes die beste, aber leider auch fast immer die kostspieligste. Auf dem Acker müssen wir zur Erhöhung der Fruchtbarkeit oder zur Erhaltung derselben möglichst ammoniak- oder stickstoffhaltige Düngmittel aufzubringen uns bestreben; dieselben Stoffe äußern natürlich auf Wiesen die beste Wirkung, doch würde hier deren Anwendung, unter unseren Verhältnissen, sehr häufig ökonomisch unrichtig sein; so lange das unter dem Pfluge befindliche Feld nicht schon die relativ höchste Kraft und Fruchtbarkeit erreicht hat, verwerthen sich auf demselben jene Stoffe besser als auf den Wiesen. Glücklicherweise scheint die Zufuhr von Ammoniak oder chemisch gebundenem Stickstoff der Wiese nicht so durchaus unentbehrlich zu sein, als dies bei der Cultur des Ackerbodens der Fall ist; die Wiesen, namentlich die Rieselwiesen, erzeugen oft viele Jahre lang eine große Menge guten Futters, ohne daß ihnen direkt Stickstoff zugeführt würde. In Folge der größeren Feuchtigkeit im Wiesenboden wird das in der Atmosphäre, vorzugsweise bei warmer Witterung, verbreitete Ammoniak aus der Luft selbst leichter absorbirt, die nächtlichen Thauniederschläge sind bedeutender als auf dem Acker und damit auch die Menge des dem Boden aus der Luft zugeführten Ammoniaks, welches, wenn es einmal durch Regen und Thau in Wasser aufgelöst in den Boden eingedrungen ist, hier wegen der Dichtigkeit des Rasenfilzes und wegen der stark humosen Beschaffenheit der die feinen Wurzeln der Gräser umgebenden Erde mit verhältnißmäßig großer Kraft zurückgehalten wird und der sich

entwickelnden Pflanze immer leicht zugänglich ist, — während das auf demselben Wege von der Ackerkrume aufgenommene Ammoniak bei größerer Offenheit und Auflockerung, bei dem leichteren Zutritt der Luft und dem schnelleren Wechsel derselben auch weit leichter mit der Feuchtigkeit wiederum verdunstet und der Atmosphäre in Luftform zurückgegeben wird.

Die Wirkung eines Düngmittels ist keineswegs allein von seiner procentischen Zusammensetzung abhängig, es kommt außerdem noch der Zustand, in welchem die einzelnen Bestandtheile sich befinden, in Betracht; je feiner diese zertheilt, je inniger sie mit einander vermischt sind, je gleichmäßiger sie über die Pflanzen oder den Erdboden ausgestreut werden können, um so schneller und kräftiger wird auch die Wirkung des Gemenges sein, um so vollständiger auch die wirklich aufnehmbaren und ernährenden Substanzen in die Pflanzen übergehen. Den Zustand möglichst feiner Zertheilung und inniger Mischung halte ich bei einem Wiesendünger noch für weit wichtiger und wesentlicher, als bei einem zur Düngung des Ackers bestimmten Mittel, weil bekanntlich auf der Wiese nicht der Nebenzweck einer Auflockerung und direkten Erwärmung des Bodens verfolgt wird und namentlich weil es sehr vortheilhaft ist, wenn die wirksamen Bestandtheile des Düngers schnell sich auflösen und in das Innere des Bodens bis an die Wurzeln der Pflanzen eindringen, um den zerstörenden und hier nachtheilig wirkenden Einflüssen der Atmosphäre entzogen zu werden; auf den Wiesen kann man nur eine Ueberdüngung vornehmen, nicht aber, wie auf dem Acker, durch die mechanischen Mittel des Pfluges und der Egge eine schnelle und innige Mischung mit den Bestandtheilen des Bodens bewerkstelligen. Befindet ein Wiesendünger mit den hier angedeuteten Grundsätzen sich nicht in Uebereinstimmung, dann wird man auch keine große Wirkung von demselben erwarten können und wenn man z. B. die Knochen gröblich zerstoßen oder in dem Zustande, wie sie gewöhnlich auf dem Acker als Düngmittel verwendet werden, über die Wiese ausstreuen wollte, so würde man diese sich so langsam und schwierig auflösende Substanz auch eine nur geringe Thätigkeit entwickeln sehen, und hierdurch vielleicht zu dem falschen Schlusse gelangen, daß deren Werth als kräftiges Mittel zur Beförderung des Wiesenwuchses nur gering sei und mit den Kosten der Herbeischaffung nicht in einem passenden Verhältniß stehe. Es ist durchaus erforderlich, daß man das möglichst fein gestoßene Knochenmehl vor der Anwendung durch Behand-

Physikalische Beschaffenheit eines guten Wiesendüngers.

lung mit Schwefelsäure oder durch sorgfältige und innige Vermischung mit Erde und leicht in Fäulniß übergehenden und Fäulniß erregenden Stoffen, namentlich durch fleißiges Begießen mit Jauche in einen Zustand der Vertheilung und Auflösung überführt, welcher für die schnelle und kräftige Wirkung des Wiesendüngers eine genügende Garantie darbietet. Meiner Ueberzeugung zufolge hat man auf die Gegenwart der Phosphorsäure in einer den Pflanzen zugänglichen Form, als wichtigen Bestandtheil eines guten Wiesendüngers, gar sehr zu achten.

16. Das Wasser, als Düngmittel der Wiesen. Theorie der Bewässerung.

Die Wiesen erfordern mehr Wasser als der Acker.

Das Wasser ist bekanntlich ein Körper, dessen Gegenwart in geeigneter Menge dem Acker, wie der Wiese gleich unentbehrlich ist. Ohne die Gegenwart von hinreichender Feuchtigkeit kann keine Pflanze sich entwickeln, ist alle Bodenkraft und aller Dünger unnütz. Das Wasser ist aber in größerer Menge erforderlich, um auf Wiesen ein üppiges Wachsthum zu erzeugen, als dieses auf dem Acker der Fall ist. Die ersteren sind nicht sehr ergiebig, wenn ihnen nur das direkt auf sie niederfallende Wasser zu Gute kommt, während das Feld in der Regel sich hiermit begnügt, um mit Hülfe desselben seine höchste Stufe der Ertragsfähigkeit zu erreichen. Der Landwirth zieht einen bedeutenden Vortheil nur von den natürlichen Wiesen, welche außer dem angeführten Wasser noch aus anderen Quellen eine größere Menge der Feuchtigkeit erhalten, sei es dadurch, daß das von den Feldern und aus den Wirthschaftshöfen ablaufende Wasser noch über die Wiesenflächen hin sich verbreitet, oder daß Flüsse und Bäche zu einzelnen Zeiten des Jahres aus ihren Ufern heraustreten und längere Zeit die angränzenden Grasfluren überschwemmen, oder sei es, daß der Mensch des in Flüssen und Teichen oder sonstwo sich ansammelnden Wassers sich bemächtigt und mittelst geeigneter Vorrichtungen dasselbe nach Belieben zu jeder Zeit des Jahres in der nöthigen Quantität seinen Wiesen zuführt und gleichmäßig über deren Oberfläche vertheilt. Mittelst des Wassers ist es gelungen, ganz unfruchtbare Lehden, öde, steinigte, kiesige und sandige Flächen in üppige Grasfluren zu verwandeln.

Wenn man in Folge der Bewässerung allein die Fruchtbarkeit der

Wiesen in so hohem Grade, wie die Erfahrung es beweist, sich steigern sieht, so wird man nothwendig auch dem Wasser allein diese Wirkung zuschreiben müssen; das Wasser verhält sich also wie ein vorzügliches Düngmittel. Die Ursache der günstigen Wirkung des Wassers auf die Erträge der Wiesen kann, wie bei allen Düngmitteln, nur eine zwiefache sein: der Erfolg kann theils in der Gegenwart von wesentlichen oder zufälligen Bestandtheilen im Wasser begründet, theils auch durch seine chemischen oder physikalischen Eigenschaften bedingt sein, durch welche es auf andere Stoffe einwirkt, mit denen es in Berührung kommt; mit einem Worte, das Wasser hat für die Wiesenpflanzen entweder eine direkt ernährende oder eine die Ernährung vermittelnde Kraft, oder beiderlei Ursachen bedingen gleichzeitig das durch die Erfahrung festgestellte günstige Resultat. Wir wollen jetzt untersuchen, welche Bedeutung man in dem vorliegenden Falle einer jeden der angedeuteten Thätigkeiten des Wassers zuschreiben muß.

Ursachen der Wirkung des Wassers als Düngmittel für die Wiesen.

Die wesentlichen Bestandtheile des Wassers sind der Wasserstoff und der Sauerstoff, die unter allen Umständen in demselben quantitativen Verhältnisse das Wasser zusammensetzen; das letztere enthält im chemisch reinen Zustande stets an Sauerstoff 88,89 und an Wasserstoff 11,11 Proc. Wie diese beiden wesentlichen Bestandtheile des Wassers zur direkten Ernährung der Pflanzen überhaupt, also auch der Wiesenpflanzen beitragen, habe ich in einem früheren Abschnitte dieser Ausarbeitung ausführlich erörtert. Die zur direkten Ernährung, d. h. zur Erzeugung der vegetabilisch-organischen Substanz verwendete Wassermenge ist eine so geringe, daß sie gegen die Quantität verschwindet, welche den Wiesen, der Erfahrung gemäß, zugänglich sein muß, um hier einen hohen Ertrag zu bewirken. Ebenso wenig kann eine andere direkte Verwendung des Wassers während des Wachsthums der Pflanzen für den hier in Rede stehenden Gegenstand große Bedeutung haben, nämlich der Uebergang des Wassers in die Pflanze, um hier als sogenanntes Vegetationswasser zum gleichmäßigen und schnellen Verlaufe der im lebensthätigen Organismus stattfindenden Prozesse beizutragen und denselben zu ermöglichen; denn hierzu ist das Wasser in gleichem Grade für die Früchte des Feldes thätig, wie für die Pflanzen der Wiese und die letzteren verhalten sich keineswegs dadurch von den ersteren verschieden, daß sie zu ihrem Wachsthum eine größere Quan-

Wirkung der wesentlichen Bestandtheile des Wassers für die Vegetation.

tität Wasser bedürften, eine größere Menge von Vegetationswasser in sich aufnähmen.

Es muß vielmehr eine noch andere Ursache vorhanden sein, welche die Wirkung des Wassers auf den Wiesen erklärt, obgleich keineswegs geleugnet werden soll, daß namentlich auf den Bewässerungswiesen, wo man die Zufuhr des Wassers vollkommen in seiner Gewalt hat und, je nachdem es nöthig ist, bewerkstelligen kann, — auch die zuletzt angeführte direkte Aufnahme des Wassers von beträchtlichem Einflusse ist, indem dadurch die Vegetation niemals wegen Mangel an Feuchtigkeit gestört wird, sondern die Pflanze stets soviel davon dem Boden wiederum entziehen kann, als aus den Blättern in jedem Augenblicke in die Atmosphäre entweicht. Wenn ein Gleiches auch auf dem Acker möglich wäre, so würde auch hier die Productivität gesteigert oder wenigstens der Nachtheil der trockenen Witterung in einzelnen Jahren vollständig gehoben werden. Indessen ist dieses von der Pflanze aufgenommene Vegetationswasser nur Eine Bedingung für das Wachsthum derselben; es bestehen aber deren viele, und wenn wir durch Wasser allein die Fruchtbarkeit der Wiese sich erhöhen sehen, so müssen durch dasselbe auch sämmtliche unentbehrlichen Nahrungsstoffe der Pflanze zugeführt werden können. Wir werden also zunächst zu untersuchen haben, ob in dem Wasser selbst Stoffe aufgelöst oder aufgeschwemmt, also überhaupt vorhanden sind, Stoffe, die in irgend einer Hinsicht pflanzenernährende Kraft besitzen.

Zufällige Bestandtheile des Wassers u. deren Einfluß auf die Vegetation.

Das Wasser enthält stets, außer den wesentlichen Bestandtheilen des Wasserstoffes und Sauerstoffes, noch verschiedene zufällige Substanzen aufgelöst, welche in sehr wechselnden Quantitäten in demselben auftreten. Es sind diese Substanzen theils von mineralischer, feuerfester Beschaffenheit, theils sind sie verbrennbar, flüchtig oder im freien Zustande gasförmig. Die Beschaffenheit der erstern wollen wir zuerst näher ins Auge fassen. Die mineralischen in dem Wasser aufgelösten Körper sind ihrer Qualität nach fast ohne Ausnahme immer dieselben, es sind die auflöslichen Verbindungen der Alkalien und der Erden, zuweilen mit etwas Eisen oder Mangan vermischt, aber quantitativ zeigen sie sehr große Abweichungen; und zwar ist das Letztere nicht allein bei den verschiedenen Arten und bei dem verschiedenen Vorkommen des Wassers der Fall, ob solches nämlich Regen-, Fluß-, Teich-, Quell- oder Feldwasser ist, ob dasselbe ein kalireiches, kalkiges, sandiges, thoniges, humoses Terrain durchschneidet, sondern auch die Jahreszeiten und

Witterungsverhältnisse haben, je nach den Umständen größeren oder geringeren Einfluß auf die Mengen der in dem Wasser aufgelösten Mineralsubstanzen.

Abweichender Gehalt der verschiedenen Wasser an Mineralstoffen.

Das Regen- oder Schneewasser, überhaupt die aus der Atmosphäre sich niederschlagende Feuchtigkeit, steht dem völlig reinen oder destillirten Wasser am nächsten, es enthält die geringste Menge an festen Mineralsalzen aufgelöst, ist aber niemals gänzlich frei davon. Das Fluß- und Teichwasser enthält schon ungleich größere Mengen an Mineralstoffen aufgelöst, als das Regenwasser, steht aber in der Regel hierin dem Quellwasser sehr nach, indem die ersteren durch längere Berührung mit der atmosphärischen Luft einen Theil ihrer erdigen Substanzen absetzen und dadurch auch die ihnen in der Regel zukommende Beschaffenheit der sogenannten Weichheit erlangen, während das Quellwasser, besonders durch seinen größeren Gehalt an kohlensaurer Kalkerde härter, frischer und wohlschmeckender ist, als das Flußwasser. Das Quellwasser wird nur zuweilen in der Menge seines feuerfesten Rückstandes noch von dem Feld- und Hofwasser übertroffen, wenn dieses nämlich aus dem Felde oder von dem Hofe, wovon es abläuft, bedeutende Quantitäten von auflöslichen Salzen mit fortzuführen vermag. Das Quellwasser ferner ist hinsichtlich seiner Zusammensetzung natürlich von allen Wassern das beständigste, indem es stets aus derselben Tiefe, an derselben Stelle und aus denselben Erdschichten und Gesteinen hervorquillt; wogegen besonders das Flußwasser nach den Jahreszeiten und den verschiedenen Witterungserscheinungen in seiner Zusammensetzung sehr variirt. Da also diese Abweichungen nothwendig bedeutend sein müssen, so kann es auch für die Theorie der Wiesenbewässerung kaum von großem Interesse sein, die mineralischen Bestandtheile irgend eines Wassers mit großer Genauigkeit zu bestimmen; man wird immer dadurch nur ein deutliches Bild von der Zusammensetzung dieses Wassers zu einer bestimmten Zeit und unter gewissen äußeren Verhältnissen sich verschaffen können.

Veränderlichkeit der Bestandtheile desselben Wassers.

Ebensowenig kann man über die Bestandtheile der einzelnen Arten des Wassers irgend etwas allgemein Gültiges aufstellen, denn man kann sich recht wohl den Fall als möglich, ja sogar als zuweilen wirklich eintretend denken, daß ein Quellwasser ganz genau dieselbe Zusammensetzung habe, wie ein Fluß- und Teichwasser, oder umgekehrt. Ich will im Folgenden einige analytische Data über die mineralischen Bestandtheile des Wassers mittheilen, nicht weil ich aus denselben wesentliche Anhaltepunkte

für die Beurtheilung des zur Ueberrieselung von Wiesen geeigneten oder Wasseranalysen. nicht passenden Wassers abzuleiten hoffen könnte, sondern vielmehr zur Bestätigung der so eben ausgesprochenen Ansichten und Behauptungen.

	1.	2.	3.	4.	5. a.	5. b.	6. a.	6. b.
Kohlensaure Kalkerde .	11,3	10,5	17,5	4,3	10,0	15,0	5,2	8,3
„ Magnesia .	0,4	0,9	2,0	„	„	„	0,4	1,2
Kieselerde . . .	0,5	0,6	2,0	1,9	Spur	„	0,1	0,2
Schwefelsaurer Kalk .	3,6	3,1	15,3	Spur	0,6	2,0	3,2	6,5
„ Magnesia	0,6	1,2	7,0	„	Spur	0,7	2,9	6,2
Chlorcalcium . . .	1,0	„	„	1,5	Spur			
Chlormagnesium . .	0,8	1,7	4,0	„	Spur	0,7	0,7	1,5
Chlornatrium . . .	„	„	Spur	Spur	Spur			
Salpetersaure Salze .	Spur	„	„	„	„	Spur	„	„
Organische Stoffe . .	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	0,3	0,4
	18,2	18,0	47,8	7,7	10,6	18,4	12,8	24,3

	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
Kohlensaure Kalkerde . .	1,7	23,8	23,4	27,0	6,80	1,81		7,2
„ Magnesia . .	„	„	„	„	1,24	0,07	0,9	0,7
Kieselerde . -	„	Spur	Spur	„	0,57	„		0,1
Schwefelsaurer Kalk . . .	„	1,4	1,7	25,2	„	3,13		2,6
„ Magnesia .	„	„	„	„	„	6,87		3,1
Chlorcalcium	5,1	„	1,3	16,8	„	„	3,2	0,9
Chlormagnesium . . .		„	Spur	1,6	„	0,73		
Chlornatrium	Spur	1,2	0,2	12,6	„	0,35	8,4	„
Doppelt kohlensaures Kali .	„	„	„	„	2,96	„	„	„
Schwefelsaures Kali . . .	„	„	„	„	1,20	.	„	„
Chorkalium	„	„	„	„	1,09	„	„	„
Organische Stoffe . . .	„	Spur	Spur	Spur	0,26	„	„	0,6
Salpetersaure Salze. . .	„	Spur	„	7,6	„	„	Spur	„
	6,8	26,4	26,6	90,8	14,30	12,96	12,5	15,2

Diese Analysen beziehen sich sämmtlich auf 10,000 Theile Wasser, so daß in dieser Quantität bei Nr. 1 z. B. 18,2 Th. fester Mineralsubstanz enthalten sind, bei Nr. 2 18,0 u. s. w. Nr. 1 bis 7 sind sämmtlich die Resultate der Untersuchung von Flußwasser und zwar habe ich hier die Analysen des Wassers französischer Flüsse von verschiedenen Chemikern (nach Boussingault) anführen müssen, weil über das Wasser deutscher Flüsse dergleichen Untersuchungen mir nicht bekannt sind. Nr. 1 betrifft das Wasser aus der Seine oberhalb Paris; Nr. 2 bis 4 aus den Nebenflüssen der Seine, nämlich der Marne,

Ourcq zu St. Denis und der Yonne zu Avallon; Nr. 5 aus der Rhone bei Lyon und zwar a im Juli und b im Februar untersucht; Nr. 6 aus der Arve, einem Nebenfluß der Rhone, bei Genf, a im August und b im Februar; Nr. 7 aus der Loire bei Orleans; Nr. 8 bis 13 giebt die Zusammensetzung von Quell- und Brunnenwasser, und zwar Nr. 8 aus der Quelle Roye zu Lyon, Nr. 9 aus der Quelle der Fontaine zu Lyon, Nr. 10 aus der Quelle des Pflanzengartens von Lyon, Nr. 11 aus dem artesischen Brunnen zu Grenelle, Nr. 12 aus dem artesischen Brunnen des Posthauses zu Alfort, Nr. 13 aus einem Brunnen in Greifswalde; Nr. 14 zeigt die mineralischen Bestandtheile aus dem Wasser des Genfer Sees.

Folgerungen aus den mitgetheilten Wasseranalysen.

Man bemerkt, daß im Allgemeinen das Wasser der Flüsse weniger feste Stoffe enthält, als das der Quellen, daß ferner das Flußwasser im Sommer weit weniger reich an mineralischen Bestandtheilen ist als im Frühjahr, und daß dieser Unterschied bis zum Doppelten des Gehaltes und darüber sich erheben kann; gleichfalls sieht man, daß mit dem Wechsel der Jahreszeiten nicht allein die absolute Menge der Mineralsubstanzen sich verändert, sondern auch die gegenseitigen procentischen Verhältnisse der einzelnen Bestandtheile. In fast allen hier angeführten Wassern der Flüsse sowohl als der Quellen und des Genfer Sees ist der kohlensaure Kalk der bei weitem vorherrschende Theil, wenn auch in dem Quellwasser dieser Körper in noch reichlicherer Menge auftritt als in dem Flußwasser, von welcher Regel jedoch auch Ausnahmen stattfinden in den sogenannten weichen Quellwassern, welche sich durch einen geringen Gehalt an kohlensaurem Kalke, dagegen durch eine große Menge von Chlorverbindungen auszeichnen, wie dies z. B. durch das Greifswalder Brunnenwasser (Nr. 13) bewiesen wird; auf gleiche Weise ist auch in dem Wasser der Loire (Nr. 7), in welchem überhaupt nur auffallend wenig Mineralsubstanz enthalten ist, das Verhältniß zwischen dem kohlensauren Kalke und den Chlorverbindungen entschieden zu Gunsten der letzteren.

Verschiedenheit der Mineralstoffe nach dem geognostischen Verhalten des Terrains.

Die Verschiedenheit in den Bestandtheilen des Fluß- und Quellwassers erklärt sich leicht aus der geognostischen Beschaffenheit der Gegenden, welche dieses Wasser durchströmt und der Gesteine, aus welchen es entquillt. So ist es ganz natürlich, daß das Seinewasser eine bedeutende Menge von Kalk und Gips enthält, da die Seine mit fast allen ihren Nebenflüssen in dem kalkigen Terrain des östlichen und des inneren Frankreichs entspringt und auf ihrem Laufe fast nur sehr kalk-

reiche Gesteine und Erdschichten berührt; die große Menge von Gips erklärt sich ebenfalls durch das häufige Auftreten dieses Minerals in der Umgegend von Paris in den zu Tage ausgehenden Gesteinen sowohl als in den tiefer liegenden Erdschichten. Aus derselben Ursache ist auch die Zusammensetzung des in und um Paris sich vorfindenden Quell- und Brunnenwassers eine derjenigen des Seinewassers ganz ähnliche, indem ebenfalls Kalk und Gips als vorherrschende Bestandtheile auftreten. Auch Lyon liegt im Kalksteinterrain und seine Brunnen sind ebenfalls reich an Kalk; auffallend ist die große Menge der in der Quelle des Pflanzengartens von Lyon vorkommenden Mineralsubstanzen, woran offenbar eine Art Auslaugungsprozeß von humosen Erdschichten Antheil hat, wie es auch die Gegenwart einer verhältnißmäßig sehr bedeutenden Quantität von salpetersauren Salzen anzudeuten scheint. Die Loire dagegen entspringt, nebst den wichtigeren ihrer Nebenflüsse, in den granitischen Gebirgen der Auvergne, der Forez und der Cevennen, während die Rhone und die Arve wiederum auf ihrem Laufe fast nur Kalksteinterrains durchschneiden. So kann man aus der geognostischen Beschaffenheit eines Landes im Ganzen schon ziemlich sichere Schlüsse machen auf die auflöslichen Mineralstoffe, welche das Wasser der Flüsse mit sich führen wird, die jenes Land durchströmen, während man auch umgekehrt, fast mit noch größerer Sicherheit, durch eine chemische Untersuchung des betreffenden Wassers im Allgemeinen den Charakter der Gesteine wird bestimmen können, mit welchen es in Berührung getreten ist, so bei dem Flußwasser, wie auch noch mehr bei dem Quell- und Brunnenwasser. Von dem Wasser der größeren und kleineren Binnenseen und Teiche gilt ganz dasselbe hinsichtlich der in ihnen aufgelösten Mineralstoffe, als was ich in dem Vorhergehenden über das Flußwasser gesagt habe.

Wir sind durch die hier angestellten Betrachtungen und Folgerungen zu dem Resultat gelangt, daß das möglicherweise zur Bewässerung der Wiesen zu verwendende Wasser sehr verschieden sich verhalten kann hinsichtlich der Mineralstoffe, welche in demselben aufgelöst sind, und daß man die vorherrschenden Bestandtheile unmöglich durch die gewöhnliche Eintheilung des Wassers in Fluß-, Quell-, Feld-, Moor- und Sammelwasser auch nur annähernd bestimmen kann, da z. B. Quell- und Flußwasser je nach den Umständen eine ganz gleiche, aber auch eine sehr verschiedene Zusammensetzung haben können. Weil nun aber die in dem Wasser aufgelösten Stoffe nach ihren vorherrschenden

Eintheilung der Wasser nach ihren mineralischen Bestandtheilen.

Bestandtheilen unläugbar auf die Eigenschaften des Wassers selbst und dessen Bedeutung für das Wachsthum der Pflanzen überhaupt einen wesentlichen Einfluß ausüben, so müssen wir auch versuchen die verschiedenen Arten des verschieden wirkenden Wassers näher zu bezeichnen. Zu diesem Zwecke genügt es vollkommen, wenn man drei Arten von Wasser unterscheidet, nämlich 1. hartes oder kalkhaltiges, 2. weiches oder kalkarmes, dagegen alkalireiches, und endlich 3. eisenhaltiges Wasser. Diese drei Wasserarten lassen sich meistens schon leicht durch äußere Eigenschaften von einander unterscheiden; das harte und weiche Wasser, namentlich wenn von Quellwasser die Rede ist, giebt sich bekanntlich schon durch den Geschmack zu erkennen; sicherer noch läßt es sich unterscheiden, wenn man eine gleich große Quantität beider Wasserarten im völlig klaren und durchsichtigen Zustande eine Zeit lang der Kochhitze aussetzt, nach welcher Operation man bemerken wird, daß das kalkreiche Wasser sich weit stärker trübt und eine deutlichere Ausscheidung eines weißen, feinen Pulvers liefert, als das weiche oder kalkarme Wasser. Das eisenhaltige Wasser giebt, wenn es eine Zeit lang dem Zutritt der Luft ausgesetzt ist, einen schlammigen Niederschlag von Eisenoxyd, welcher noch schneller sich bildet, wenn man eine Probe des Wassers bis zum Kochen erhitzt. Diese verschiedenen Arten des Wassers haben ohne Zweifel einen sehr verschiedenen Einfluß auf die Vegetation und eine jede befördert das Hervorkeimen, besonders aber das Wachsthum gewisser Arten von Pflanzen. Es ist daher keineswegs gleichgültig, welches Wasser, wenn mehrere Arten desselben zu Gebote stehen, man zur Berieselung der Kunstwiesen verwendet.

Unsicherheit der Verzeichnisse von Pflanzen nach der Beschaffenheit des Wassers.

Ich gebe hier keine Verzeichnisse von Pflanzen, deren Wachsthum durch die eine oder andere Art des Wassers vorzugsweise unterstützt wird, weil ich der Ansicht bin, daß wir in dieser Hinsicht noch gar keine festen und genauen Anhaltepunkte haben, und die vielfachen dergleichen Verzeichnisse, wie wir sie in manchen Schriften über Botanik, Land- und Wiesenwirthschaft finden, noch durchaus jeglicher wissenschaftlichen Begründung nicht allein, sondern auch der allgemeinen Bestätigung durch die Praxis entbehren. Es würden hierüber allerdings Beobachtungen und Untersuchungen angestellt werden können, wenn man einmal genau untersuchtes Wasser von möglichst verschiedener Zusammensetzung zur Berieselung von Wiesen verwendete, auf welchen mannichfaltige Gräser und Kräuter sich vorfinden und hier sorgfältig

den Einfluß des betreffenden Wassers auf die einzelnen Pflanzen beobachtete, besonders aber auf die Weise, daß man den Einfluß einer gewissen Wasserart auf einzelne Wiesenparzellen untersuchte, von denen jede mit einer einzigen besonderen Wiesenpflanze angesäet wäre. Daß hierbei zugleich die Bodenverhältnisse berücksichtigt werden müßten, versteht sich von selbst und ein noch höheres wissenschaftliches Interesse würden dergleichen Versuche gewähren, wenn sie mit chemischen Analysen der unter dem Einfluß eines gewissen Wassers mehr oder weniger gedeihenden Wiesenpflanzen, namentlich von deren Asche, verbunden würden; denn hierdurch würden wir vielleicht dahin gelangen, mit Genauigkeit und Sicherheit die Pflanzen kennen zu lernen, welche bei Gegenwart eines bestimmten Wassers, und unter gewissen Bodenverhältnissen, den größten Ertrag an Heu und Grummet zu liefern im Stande wären. Ich getraue mir nicht die Pflanzen aufzuführen, deren Wachsthum durch die eine oder andere der von mir genannten drei Wasserarten besonders gefördert werden möchten, obgleich für einen solchen Versuch die Erfahrung und Beobachtung wohl einige Anleitung geben möchte; noch viel weniger aber halte ich es für möglich, nur einigermaßen brauchbare Verzeichnisse von Wiesenpflanzen aufzustellen, deren Hervorkeimen und Gedeihen durch Fluß-, durch Quell-, durch Feld- oder Sammelwasser sollte bewirkt werden, wie solches ebenfalls bereits, mir scheint mit allzugroßer Kühnheit, versucht worden ist. Ich habe oben nachgewiesen, daß nach der letzteren Eintheilung der verschiedenen Wasserarten, auf deren Bestandtheile durchaus keine nur einigermaßen sichere Schlüsse gemacht werden können; und da offenbar von diesen Bestandtheilen die Entwicklung dieser oder jener Pflanze zum Theile wenigstens abhängig ist, so kann man auch unmöglich die Pflanzen nach ihren Gattungen und Arten angeben wollen, welche durch Quellwasser, und welche durch Flußwasser u. s. w. zu einem üppigen Gedeihen veranlaßt würden. Ich glaube vielmehr, daß man gegenwärtig für die Wahl der Pflanzen bei einer neu angelegten oder umgelegten Wiese allein dadurch einen ziemlich sicheren Anhaltepunkt sich verschaffen kann, indem man die an den Rändern oder in der Nähe der Flüsse oder Gräben, aus welchen das betreffende Wasser entnommen wird, in besonders großer Menge und üppiger Entwicklung vorkommenden Pflanzen sorgfältig zu bestimmen sucht.

Was nun die Wahl zwischen den oben aufgeführten drei Arten des Wassers anbetrifft, so kann hierüber allerdings mit Sicherheit nur

die Erfahrung entscheiden; indessen giebt uns doch auch die Wissenschaft einige Winke, welche wohl nicht zurückzuweisen sind und durch die Erfahrung selbst bestätigt werden. Die Beschaffenheit und die Bestandtheile des Bodens müssen natürlich für die größere oder geringere Wirkung des Wassers von großer Bedeutung sein; im Allgemeinen jedoch möchte ich dem weichen, alkalischen Wasser fast unter allen Umständen den Vorzug geben, indem die Alkalisalze im höheren Grade das Wachsthum der Wiesenpflanzen befördern als die Kalkerde, namentlich auch deswegen, weil die letztere stets und in jedem Wasser in mehr als hinreichender Menge vorhanden ist, um die Gewächse mit diesem Nahrungsstoffe zu versorgen. In die Klasse der alkalischen Wasser gehört als das vorzüglichste zur Wiesenbewässerung das Feld- oder Hof- oder Dorfwasser, ferner sehr häufig auch das Teichwasser, wie das Wasser größerer Flüsse, zuweilen auch das Wasser der aus alkalireichen Erdschichten und Gesteinen hervortretenden Quellen, also überhaupt alle diejenigen Wasser, welche eine den Pflanzen überaus zuträgliche höhere Temperatur besitzen oder eine solche unter dem Einfluß der Sonne und des Bodens doch leicht anzunehmen geneigt sind; die weichen, alkalischen Wasser sind auch in der Regel warme Wasser. Dagegen sind die sehr kalkreichen Gewässer der Quellen, Bäche und Flüsse durch ihre niedrigere Temperatur ausgezeichnet; sie verlieren aber durch Erwärmung den größten Theil ihres Kalkgehaltes und gehen dann in den Zustand der weichen, warmen Wasser über; es kann daher das harte Wasser in weiches verwandelt werden, wenn man das erstere in flachen Teichen sich ausbreiten läßt oder demselben überhaupt eine große Oberfläche giebt, so daß es in dünnen Schichten über einen sandigen, kiesigen, steinigen, also von der Sonne leicht zu erwärmenden Boden hinfließt. Schädlich aber wirkt dieses Wasser häufig, wenn die Ablagerung des Kalkes erst auf der Wiese selbst geschieht, denn hierzu ist einmal Wärme erforderlich, welche also vorzugsweise der Umgebung entzogen werden muß, so daß eine Erkaltung des Bodens und der auf ihm wachsenden Pflanzen stattfindet, und außerdem kann auch die Kalkschicht, welche allmälig als eine feste Decke den Boden überzieht, dem Wachsthum der Pflanzen mechanischen Widerstand entgegensetzen, und endlich wird der große Kalkgehalt im Wasser, indem der Kalk theilweise auf die sich entwickelnden Pflanzen sich absetzt, diesen eine dem Vieh unangenehme, ja häufig sogar dessen Gesundheit nachtheilige Beschaffenheit mittheilen. Die nachtheiligen Eigenschaften des kalten

Wechselwirkung zwischen den Bestandtheilen des Bodens und des Wassers.

Wirkung des Kalkwassers unter bestimmten Bodenverhältnissen.

Kalkwassers äußern sich vorzugsweise auf zäh-thonigem Boden, da dieser überhaupt schon zur Kälte geneigt ist; der schädliche Einfluß kann hier allerdings gehoben werden, wenn eine mechanische Auflockerung und von Zeit zu Zeit eine innige Vermengung des abgesetzten feinpulverigen Kalkes mit dem Thon bewerkstelligt werden könnte, welches jedoch wohl selten oder niemals in der Praxis im Großen auf den Wiesen ausgeführt werden kann. Das Kalkwasser wird weniger schädlich sein auf einem an sich schon warmen, lockeren, milden Sand- und Lehmboden, und auf eisenhaltigem Moorboden wird es sogar mit großem Vortheil angewendet werden können, selbst schon auf kalklosem, eisenhaltigem Thonboden, der leicht zur Säurebildung geneigt ist. Es ist allgemein bekannt, daß der Kalk dem Boden seine Säure nimmt und ihm die zur Hervorbringung nutzbarer Gewächse durchaus nöthige alkalische Beschaffenheit gewährt. Die Wirkung des Kalkes ist nun ganz besonders günstig, wenn der Boden zu gleicher Zeit reich ist an Eisen. Hier geht nämlich folgender chemischer Prozeß vor sich. Wo stehende Feuchtigkeit den freien Zutritt der atmosphärischen Luft zu faulenden vegetabilischen Resten verhindert, sammeln diese sich in großer Menge an und es bildet sich hier der sogenannte saure Humus, der überall unter ähnlichen Umständen auch in den tieferen Schichten der Ackerkrume, hier sogar in geringer Menge stets sich erzeugt, und welcher bekanntlich dem Wachsthum der gewöhnlichen Culturpflanzen und Süßgräser äußerst nachtheilig ist. Nur durch Austrocknen und längeres Liegen an der Luft (durch höhere Oxydation) wird der saure Humus in die fruchtbare Modifikation desselben Stoffes umgeändert. Der saure Humus hat die Fähigkeit, mit basischen Mineralkörpern zu in Wasser mehr oder weniger auflöslichen Verbindungen zusammenzutreten. Von diesen salzartigen Verbindungen des Humus ist die mit Eisenoxydul besonders leicht in Wasser auflöslich und zugleich diejenige, welche am meisten das Gedeihen guter Pflanzen verhindert und unterdrückt, dagegen das üppige Hervorkeimen von Binsen, sauren Gräsern und Torfpflanzen aller Art begünstigt. Die Auflöslichkeit dieser Humusverbindung zeigt sich allenthalben in Torfmooren und Sümpfen, wo das Eisen als Bestandtheil des Bodens auftritt; ist das Eisen ursprünglich in der höchsten Oxydationsstufe als Eisenoxyd zugegen, so wird dieses bei Abschluß der Luft und in Berührung mit faulenden organischen Substanzen leicht zu Oxydul reducirt, und verbindet sich als solches mit dem Humus. Tritt nun das in Wasser aufgelöste humussaure

Wirkung des Kalkes auf eisenhaltigem saurem Humusboden.

Eisenoxydul mit der Luft in Wechselwirkung, so zieht das Eisenoxydul zunächst Sauerstoff an, verwandelt sich wiederum in Eisenoxyd, während zugleich die Humussäure gleichfalls durch Aufnahme von Sauerstoff eine weitere Verwesung erleidet und schließlich völlig in Kohlensäure und Wasser zersetzt wird, wodurch die früher vorhandene Verbindung aufgehoben wird, das neu gebildete Eisenoxyd in dem Wasser zu Boden sinkt und hier zu der Bildung von Ortstein oder Raseneisenstein Veranlassung giebt. Dieser Prozeß giebt sich dem Auge kund durch die in bunten Farben spielende Haut, welche so häufig auf der Oberfläche der Moorwasser, und nicht selten sogar auch in den Wassergräben des Ackerlandes und der Kunstwiesen sich vorfindet, und hier wie dort dieselbe Ursache hat. Es ist nun eine ausgemachte Sache, daß die Ablagerung von Raseneisenstein, und also die Auflösung des Eisens aus dem Erdboden nur dann stattfindet, wenn der Boden völlig frei ist von Kalkerde; so lange noch Kalk vorhanden ist, wird durch die Humussäure kein Eisen dem Boden entzogen, der Kalk schützt das Eisen gegen die Auflösung, denn die Humussäure hat eine größere Neigung, mit dem Kalke sich zu verbinden als mit dem Eisenoxydul. Auf kalkigem Boden wird man keine Bildung von Eisensteinlagern wahrnehmen, in kalkreichen Gegenden hinterläßt der Torf beim Verbrennen keine rothe eisenhaltige, sondern eine weiß-graue kalkige Asche. Während das humussaure Eisenoxydul dem Wachsthum der besseren Pflanzen überaus schädlich ist, verhält sich der humussaure Kalk dagegen häufig sogar wie ein Dünger, er erhöht unter Umständen die Fruchtbarkeit des Bodens, wenigstens ist seine Gegenwart keineswegs schädlich für die Entwicklung der Culturpflanzen. Wo also ein eisenhaltiger Moorboden in eine Bewässerungswiese umgewandelt werden soll, welches jedoch in der Wirklichkeit wohl selten vorkommen mag, da wird, wenn die Auswahl freigestellt ist, das kalkreichste Wasser die besten Dienste thun, indem durch den Kalk der saure Humus gebunden wird, und dieser das Eisen dann nicht mehr in den auflöslichen Zustand versetzen kann. Dasselbe Wasser kann man auch auf eisenhaltigem Thonboden verwenden. Außer dem kalkhaltigen Quell- und Flußwasser wird unter den angeführten Bodenverhältnissen auch das Feldwasser zur Bewässerung der Wiesen geeignet sein, denn dieses, wie es alle guten Eigenschaften in sich vereinigt, enthält nicht allein eine reichliche Quantität alkalischer Salze, sondern ist überhaupt so reich an auflöslichen Mineralsubstanzen, daß es auch in der Regel eine größere absolute Menge von Kalkerde in sich

aufgenommen hat, als das gewöhnliche Flußwasser. Was endlich die eisenhaltigen Wasser anbetrifft, namentlich wenn sie zu gleicher Zeit auch Humussäure aufgelöst mit sich führen, so ist deren Untauglichkeit zur Wiesenbewässerung schon aus dem Vorhergehenden klar, am nachtheiligsten wirken sie, wenn der Boden eine sehr humose Beschaffenheit hat, an sich schon reich an Eisen und dagegen arm an Kalk ist; dagegen können sie auf warmem, lockerem Sand- und namentlich auf Lehmboden, in Ermangelung eines besseren Wassers, noch leidlichen Nutzen gewähren. Selbst wenn das in dem Wasser enthaltene Eisen nicht an Humussäure gebunden, sondern als kohlensaures Eisenoxydul zugegen ist und in Folge von freier Kohlensäure in Auflösung erhalten wird, wie das bei eisenhaltigen Quellen vorkommt, so sollte dennoch dieses Wasser nicht zur Ueberrieselung der Wiesen benutzt werden, theils weil es in der Regel, wegen der Nähe seines Ursprunges, sehr kalt ist, besonders aber weil es über die Wiesen eine feste, den Zutritt der Luft abhaltende Schicht von Eisenocker absetzt, welche Ablagerung hier noch viel leichter geschieht, als die des kohlensauren Kalkes aus dem kalkhaltigen Wasser, und auf die Güte und Nahrkraft des auf solchen Wiesen erzeugten Futters noch nachtheiliger einwirkt, als wie vom Kalke bereits angegeben wurde. Unter den hier angedeuteten ungünstigen Verhältnissen, wo nämlich entweder der Boden oder das Wasser auffallend schlecht ist oder beide zugleich untauglich werden, muß man lieber ganz absehen von der Anlegung der Bewässerungswiesen, und auf andere Weise, durch geeignetere Düngmittel die Quantität und Qualität der Erträge zu steigern versuchen. Diese Regel ist bisher in der Praxis keineswegs auf die Weise befolgt worden, wie sie es, meiner Ansicht nach, gar wohl verdiente.

Wirkung der eisenhaltigen Wasser unter bestimmten Bodenverhältnissen.

Die zweite Hauptursache, durch welche wir die günstige Wirkung des Wassers auf den Wiesen erklärt sehen, habe ich schon im vorhergehenden Kapitel, als ich die Theorie der Wiesendüngung im Allgemeinen zu entwickeln versuchte, vorläufig angedeutet und ich kann mich daher hier auf einige nachträgliche Bemerkungen zu dem dort Gesagten beschränken. Wie so eben dem Wasser eine unmittelbar pflanzenernährende Kraft hinsichtlich seiner wesentlichen und unwesentlichen Bestandtheile beigelegt wurde, so wirkt dasselbe auch mittelbar auf das Gedeihen der Wiesenpflanzen ein, indem es den Uebergang der theils im Boden vorhandenen, theils aber und besonders aus der umgebenden Atmosphäre aufgenommenen Nahrungsstoffe in die Pflanze ermöglicht, und zwar

Vermittelnde Wirkung des Wassers zwischen Atmosphäre, Boden und Pflanze.

möchte ich der letzteren Art der Wirkung eine nicht minder große Bedeutung zugestehen, als der erstern.

Bedeutung des Sauerstoffes für die Vegetation auf den Wiesen.

Die überall gegenwärtigen und leicht nachweisbaren gasförmigen Stoffe, welche die Atmosphäre bilden, sind der Stickstoff, der Sauerstoff und die Kohlensäure; diese sind in jedem Wasser, welches mit der Luft eine Zeit lang in Berührung gestanden hat, in abwechselnder Quantität aufgelöst. Der reine Stickstoff ist ein durchaus indifferenter Körper, welcher bei dem Prozeß der Pflanzenernährung fast gar keine Rolle spielt. Der Sauerstoff kann ebenfalls nicht im isolirten Zustande von der Pflanze verarbeitet und nicht direkt in die Zusammensetzung der neu sich bildenden Erzeugnisse der Pflanzenwelt übergehen; dennoch verhält er sich keineswegs indifferent gegen die sich entwickelnde Pflanze. Er erweckt nicht allein in dem Samenkorn den ersten Keim der schlummernden Lebenthätigkeit, sondern seine Gegenwart im Boden ist auch wesentlich nothwendig für das freudige Gedeihen der in demselben befestigten Pflanzen, er verhindert die Bildung von saurem Humus, befördert den Verwesungs- und Verwitterungsprozeß und bewirkt auf diese Weise, daß immer auf's Neue die in dem Boden verborgenen und festgebundenen Nahrungsstoffe löslich und von der Pflanze aufnehmbar werden. Es ist deshalb wohl anzunehmen, daß das in dem Wasser aufgelöste Sauerstoffgas zur Erhöhung der Thätigkeit des Wassers überhaupt beitragen wird. Jedoch kann auf die Gegenwart des Sauerstoffes im Wasser bei der Erörterung der hier vorliegenden Frage nur wenig Gewicht gelegt werden, weil dieser Stoff in so großer Quantität überall in der Luft enthalten ist, daß er aus derselben stets in den Boden eindringen kann, wenn dessen Beschaffenheit dieses gestattet, und eher sein Zutritt durch die Gegenwart des Wassers gehindert wird, obgleich auch wiederum nicht geläugnet werden kann, daß das Wasser, wenn es in den Wiesenboden eindringt, hier theils durch sein eigenes Gewicht, theils dadurch, daß es einer abwechselnden Temperatur ausgesetzt ist, sich ausdehnt und wiederum zusammenzieht, zur Vergrößerung der Porosität und also zur Auflockerung des Bodens beiträgt und so, wenn die Fläche im Frühjahr trocken gelegt ist, auch den atmosphärischen Gasen bis zu einem bestimmten Grade freien Zutritt verschafft.

Bedeutung der durch das Wasser den Pflanzeu zugeführten Kohlensäure.

Das Kohlensäuregas ist eines der drei wichtigsten und wesentlichen Nahrungsstoffe für die Pflanze; es befindet sich stets in größerer oder geringerer Menge im Wasser aufgelöst, und man sollte in der That glauben, daß dasjenige Wasser den Pflanzen am meisten zusagen

müßte, welches den größten Gehalt an diesem Bestandtheile aufzuweisen hätte. Diese Ansicht wird aber gleichfalls durch die Erfahrung widerlegt; denn das Quellwasser, welches fast stets von allen Wasserarten das an jenem Gase reichste ist, ist bekanntlich durchaus nicht das wirksamste, sehr kohlensäurereiches Wasser verhält sich nicht selten ganz indifferent, zuweilen sogar nachtheilig gegen das Wachsthum der Wiesenpflanzen. Indessen erklärt sich die letztere Erscheinung theils durch die Kälte, theils aber auch durch die den Quellwassern gewöhnlich eigenthümliche Härte, d. h. durch den großen Gehalt an kohlensaurer Kalkerde. Die kleine Menge von Kohlensäure, welche in dem gewöhnlichen Wasser stets aufgelöst, aber doch in verhältnißmäßig bedeutend concentrirterem Zustande, als in der atmosphärischen Luft vorkommt, scheint in der That günstig auf die Vegetation einwirken zu müssen; denn Versuche und die Erfahrung beweisen, daß die Pflanzen üppiger und besser gedeihen, wenn sie in einer kohlenstoffreicheren Atmosphäre sich befinden, und außerdem in einem Boden befestigt sind, aus welchem sie mittelst ihrer Wurzeln mit der Feuchtigkeit auch Kohlensäure aufnehmen können, welches bei den Gräsern um so vortheilhafter sein mag, da diese wegen der Struktur ihrer Blätter der Atmosphäre selbst unmittelbar nur wenig und langsam das Kohlensäuregas zu entziehen vermögen. Ich glaube deshalb, daß der Einfluß des Wassers, wenigstens zum Theil, in seinem Kohlensäuregehalte begründet sein mag, und daß die Kohlensäure, welche den Wiesen zugeführt wird, auch hier zur Erhöhung der Fruchtbarkeit das Ihrige beitragen wird.

Hohe Bedeutung des im Wasser aufgelösten Ammoniaks.

Weit wichtiger aber als die Gegenwart der Kohlensäure in dem Wasser, ist der Ammoniakgehalt desselben für das freudige Gedeihen der Pflanzen; und je größer die Menge des in dem Wasser vorhandenen Ammoniaks ist, in gleichem Verhältnisse nimmt auch die Güte des Wassers zu und seine Brauchbarkeit zur Bewässerung der Wiesen. Da ich bereits in dem vorigen Kapitel von dem Verhalten des Wassers gegen das Ammoniak das Nöthige angeführt habe, so verweise ich hier auf das dort Gesagte.

Ursache der oft schnell abnehmenden Düngkraft des Rieselwassers.

Eine durch die Praxis fast allgemein bestätigte Erscheinung auf den Rieselwiesen findet in dem bisher Erwähnten nicht recht ihre Ursache und Begründung; die Thatsache nämlich, daß das Wasser im Anfange, wenn es über den Rand der Bewässerungsgräben austritt, in besonders hohem Grade düngende Eigenschaften hat, und daß seine Wirkung immer geringer wird, je weiter es von jenem Punkte sich

entfernt. Aus diesem Grunde benutzt man ein und dasselbe Wasser gewöhnlich nur für Flächen, welche in einer Breite von 2 bis 3 Ruthen sich ausdehnen, und leitet es dann sofort wiederum mittelst der Entwässerungsgräben von der Wiese ab. Es ist allerdings natürlich, daß, wenn das Wasser über die Wiese hingeleitet wird, während die Pflanzen im Gedeihen und im Wachsthum begriffen sind, diese dem Wasser gleich anfangs seinen Gehalt an Kohlensäure und namentlich an Ammoniak, welches mit so großer Begierde von allen Gewächsen absorbirt wird, entziehen müssen und wir sehen in der That in sehr vielen Fällen jene Erscheinung durch das hier angedeutete Verhalten erklärt. Wenn wir aber bedenken, daß das Wasser, welches nach der Grummeternte im Herbste, nachdem die Vegetationskraft durch die eingetretene Temperaturerniedrigung geschwächt worden ist, gewöhnlich lange Zeit hindurch und ohne Unterbrechung über die Wiesenflächen hinrieselt, ebenfalls meistens nur eine gewisse Fläche wirksam zu düngen vermag, so muß, wie mir scheint, noch ein anderer Grund vorhanden sein, aus dem wir die Erklärung dieses Verhaltens entnehmen können. Dieser Grund kann durchaus nicht in der Entziehung der im Wasser aufgelösten Mineralstoffe zu suchen sein, denn diese wird ebenfalls nur durch die in der Entwicklung begriffene Pflanze bewerkstelligt, und es wird von diesen Mineralsalzen nur eine der in den Boden eindringenden Feuchtigkeit entsprechende Quantität zurückgehalten werden. Es muß vielmehr noch irgend eine andere Substanz in dem Wasser gewöhnlich enthalten sein, welche nicht in völliger Auflösung sich befindet, sondern nur im fein vertheilten Zustande mechanisch aufgeschwemmt vorkommt, und aus dem Wasser, sobald dessen Bewegung durch die feinen Blätter der Gräser aufgehalten wird, sich auf die Oberfläche der Wiese ablagert. Dies ist wirklich der Fall, wie schon das eigene Nachdenken lehrt und der Augenschein es ebenfalls häufig beweist. In jedem Wasser (ausgenommen in dem reinen Quell- und Brunnenwasser) sind fein zertheilte organische Stoffe enthalten, im lebenden und im abgestorbenen Zustande, dem Thierreiche wie dem Gewächsreiche angehörend; das scheinbar reinste Wasser der Flüsse, Teiche und Gräben zeigt, unter dem Mikroskope betrachtet, eine mannichfaltige Welt im Kleinen, eine zahllose Menge von Organismen aller Art. Diese organischen Substanzen müssen besonders rein und unvermischt in den Wassern enthalten sein, welche ganz stille stehen, oder nur eine äußerst langsam fortschreitende Bewegung haben; so wie diese Bewegung eine schnellere wird, mischt

Vorkommen von organischen Stoffen im Wasser.

sich jenen organischen Körpern eine größere oder geringere Menge von Thon- und Lehmtheilchen bei, und schließlich, wenn die Strömung noch lebhafter wird, werden auch Sandmassen aufgeschwemmt und mit dem Wasser fortgerissen. Je mehr das Wasser von jenen organischen Substanzen im reinen und unvermischten Zustande enthält, desto wirksamer ist es, desto größer sind seine düngenden Eigenschaften, und nur wenn man die Absicht hat, einem losen Flugsande Festigkeit und Bindigkeit zu verleihen, zieht man jenem Wasser ein trübes, lehmiges und schlammiges Wasser vor. Die organische Masse bleibt nun, je nach den Umständen, als eine mehr oder weniger dicke, zuweilen auch dem Auge sichtbare Humusschicht auf der Wiese zurück und wirkt hier ganz auf dieselbe Weise, wie ein kräftiger, völlig durchgegohrener und leicht auflöslicher Compostdünger. Diese Humusmasse nämlich geht wegen ihrer großen Lockerheit und feinen Zertheilung im Frühjahr, wenn wiederum wärmere Witterung eintritt, sehr leicht in weitere Fäulniß und Verwesung über, und liefert hierbei den Pflanzen nicht allein Wärme und Kohlensäure, sondern auch als ganz besonders werthvolles Zersetzungsprodukt, Ammoniak; denn da jene Humussubstanz ausschließlich aus den Resten abgestorbener Vegetabilien und auch häufig thierischer Organismen herrührt, so muß sie natürlich reich sein an chemisch gebundenem Stickstoff, der wiederum zur Erzeugung einer entsprechenden Menge Ammoniak die Veranlassung giebt. Man hat häufig beobachtet, daß, nachdem das Wasser nach dem Abrieseln eine Zeit lang in den Grippen und Gräben gestanden hat, es mit seiner ursprünglichen Kraft zur Bewässerung wieder benutzt werden kann. Ich kann die Ursache dieser Erscheinung nur darin finden, daß in Folge der Berührung mit der Luft das Wasser wiederum mit fruchtbaren Gasen, namentlich dem Ammoniak, sich schwängert, welches vielleicht sofort durch die Entstehung mikroskopischer Organismen des Pflanzen- und des Thierreiches in einen mehr gebundenen, jedoch unter den bei der Ueberrieselung selbst eintretenden Verhältnissen wieder leicht löslichen Zustand übergeführt wird.

Günstige Wirkung des wärmeren Wassers für die Vegetation.

Was endlich die Erscheinung betrifft, daß ein warmes Wasser ungleich günstiger auf die Beförderung des Wiesenwuchses einwirkt, als kaltes, so liegt hiervon die Ursache einmal darin, weil das warme Wasser gewöhnlich auch ein weiches, d. h. alkalireiches ist und auch nicht selten zur Aufnahme einer größeren Menge von Ammoniak aus der Luft geneigt ist, nicht wenig aber auch in der höheren Temperatur des warmen Wassers selbst, welche bekanntlich außerordent-

lich auf die Beschleunigung des ganzen Vegetationsprozesses einwirkt.

Wenn wir nun schließlich die Ursachen der günstigen Wirkung des Wassers auf den Wiesen, in der Kürze und übersichtlich zusammenfassen, so erhalten wir das folgende Schema:

Das Wasser wirkt:

I. Unmittelbar pflanzenernährend;
 A) durch seine wesentlichen Bestandtheile,
  1) als nothwendiges Nahrungsmittel,
  2) als sogenanntes Vegetationswasser.
 B) Durch seine unwesentlichen Bestandtheile:
  1) mineralische,
  2) organisch-humusartige.
II. Die Aufnahme der Nahrungsstoffe vermittelnd:
 A) durch Erhöhung der Porosität des Bodens,
 B) durch Auflösung der Bestandtheile des Bodens,
 C) durch Absorption der atmosphärischen Gase.

Beschaffenheit des auf Rieselwiesen erzeugten Futters.

Es ist eine keineswegs bis jetzt völlig entschiedene Streitfrage, ob durch die Bewässerung der Wiesen das hierdurch erzeugte Futter verschlechtert werde oder nicht, und ob also der Vortheil der größeren Quantität nicht durch den Nachtheil der geringeren Qualität wiederum aufgehoben werde. Ich bin der Ansicht, daß die obige Frage weder unbedingt bejaht, noch unbedingt verneint werden kann, sondern daß bei der Beantwortung derselben auf die Beschaffenheit des Bodens und des Wassers sorgfältig Rücksicht genommen werden muß. Wenn eine Wiese, deren Oberfläche uneben war, und aus diesem Grunde zur Erzeugung vieler sauren Gräser Veranlassung gab, planirt und bewässert wird, so muß natürlich hier ebenso, wie in der Regel die Quantität, auch die Qualität des Futters gesteigert werden, da jetzt die Bildung von dergleichen Pflanzen vermieden werden kann. Wenn aber eine an sich schon ziemlich ebene Wiese von mäßiger Feuchtigkeit und gutem, sandigem Lehm- oder lehmigem Sandboden zur Erhöhung der Produktivität in eine Bewässerungswiese umgewandelt wird, so glaube ich, daß das jetzt in ungleich größerer Quantität erzeugte Futter allerdings nicht immer von derselben Güte und Nahrhaftigkeit ist, als das früher auf derselben Fläche geerntete Heu, wenn nicht vielleicht das zu Gebote stehende Wasser eine ganz besonders große Düngkraft besitzt, wie es fast einzig und allein nur von dem aus den Höfen, Dörfern und von dem

Felde zusammenlaufende Wasser angenommen werden kann. Wird jedoch nur gewöhnliches Fluß- und Teichwasser angewendet, so wird je nach dessen Bestandtheilen auch die Qualität der vermehrten Ernteerträge in höherem oder geringerem Grade an Werth abnehmen. Denn man kann nicht behaupten wollen, daß überall mit der größeren Feuchtigkeit auch sämmtliche pflanzenernährende Substanzen in entsprechender Menge und in ihren zur Erzeugung des nahrhaftesten Futters gerade erforderlichen Verhältnissen den Pflanzen zugeführt werden. Die Erfahrung lehrt, daß in sehr vielen Fällen die Qualität des auf den Rieselwiesen erzeugten Futters nur dann mit der Zunahme der Quantität sich nicht verringert, wenn man entweder dem Wasser düngende Stoffe zusetzt, ehe es über die Wiese hingeleitet wird, oder noch besser, wenn man von Zeit zu Zeit die Wiese selbst mit einem kräftigen klaren Compostdünger überstreut, vielleicht von einer Beschaffenheit, wie ich denselben in dem vorhergehenden Kapitel beschrieben habe. Ich will keineswegs die in einem großen Theile Englands und auch anderswo herrschende Sitte, die natürlichen Wiesen zu planiren, zu düngen und zeitweise durch das Rindvieh abweiden zu lassen, ohne sie zu bewässern, auch überall und so namentlich für die in Deutschland herrschenden landwirthschaftlichen Verhältnisse empfehlen; ich meine aber einmal, daß Rieselwiesen nicht überall Vortheil gewähren (wie auf Moorboden und eisenschüssigem zähen, kalten und kalklosen Thonboden, und bei Gegenwart eines kalten, harten und namentlich auch humussauren und eisenhaltigen Wassers), und dann außerdem, daß eine Verbindung von Wasser und kräftigem Compostdünger auf Wiesen die höchsten Erträge und von der besten Qualität gewähren und überall unter nur einigermaßen günstigen Bodenverhältnissen als ökonomisch vortheilhaft zu empfehlen sein wird.

b. Beidünger, welche nur zum Theil direkt pflanzenernährende Kraft besitzen, zum Theil aber die Aufnahme der im Boden oder in der Atmosphäre enthaltenen Pflanzennahrung zu vermitteln die Fähigkeit haben.

1. Der Gips.

Wir beginnen dieses Kapitel mit der Betrachtung eines Stoffes, welcher gleichsam auf der Gränze steht zwischen den zwei Abtheilungen von Beidüngern, die wir aufgestellt haben, nämlich zwischen denjenigen,

welche direkt zur Ernährung beitragen, und denjenigen, welche die Absorption von assimilirbaren Stoffen nur vermitteln und außerdem die physikalische Beschaffenheit des Bodens zu verbessern im Stande sind. Der Gips wird nicht unmittelbar von der Pflanze aufgenommen, nur ein Bestandtheil desselben geht vorzugsweise in den vegetabilischen Organismus über, während der andere, zum großen Theile wenigstens, eine vermittelnde Rolle zu spielen scheint.

Zusammensetzung des Gipses.

Die Bestandtheile des Gipses sind sehr einfach, seine Zusammensetzung im frischen, ungebrannten und völlig reinen Zustande ist die eines einfachen wasserhaltigen Salzes; er besteht nämlich aus Kalkerde, Schwefelsäure und Wasser und zwar in den folgenden Verhälnissen:

Kalkerde . .	32,56	Theile
Schwefelsäure .	46,51	„
Wasser . . .	20,93	„
	100,00	

Durch das Brennen wird keine andere Zersetzung bewirkt, als daß das chemisch gebundene Wasser entfernt wird, und der Gips selbst die Fähigkeit erhält, sich weit leichter zu einem feinen Mehle zerstoßen zu lassen, als dieses vor dem Brennen der Fall war. Die procentische Zusammensetzung des gebrannten Gipses ist daher:

Kalkerde . .	41,18	Theile
Schwefelsäure .	58,82	„
	100,00	

Der im Handel vorkommende gebrannte und ungebrannte Gips gehört zu denjenigen Düngstoffen, welche meistens nur sehr geringe Mengen von verunreinigenden Substanzen enthalten, und deren Verfälschung sich auch leicht durchs Auge oder Gefühl erkennen läßt. Ich brauche daher hier bei den zufälligen Verunreinigungen des Gipses nicht zu verweilen, sondern gehe sofort zu der Wirkungsart dieses Mineraldüngers über, indem ich zuerst der praktischen Erfahrung einige Beispiele entnehme, um seinen unter gewissen Umständen höchst auffallenden Einfluß auf die Vermehrung und Beförderung der Vegetation nachzuweisen, und sodann später über die eigentliche Theorie des Gipsens das Nöthige mittheile.

Die folgenden Versuche mit Esparsette und mit Klee sind schon in den Jahren 1792 bis 1794 in England von Smith ausgeführt

Düngungsversuche mit Gips in England, bei Cultur der Esparsette.

worden; die Ackerkrume, welche zu diesen Versuchen diente, war locker und hatte Kreideuntergrund; die Tiefe der Ackerkrume betrug an dem einen Ende des Ackerstückes 3 Meter und nahm allmählig ab, so daß sie am anderen Ende nicht mehr als 8 Centimeter betrug. Die Menge des aufgebrachten Gipses war in allen Versuchen 5,38 Hectol. oder etwa 500 Kil. für die Fläche eines Hectare. Alle Vorkehrungen waren so getroffen, daß jede versuchsweise angebaute Oberfläche Landes sich unter möglichst gleichen Bedingungen befand. Die Resultate der Versuche mit Esparsette waren die folgenden:

Nr.		Heu von 1 Hectare.	Samen von 1 Hectare.	Gewicht der ganzen Ernte.	Verhältniß des Heues zu dem Samen.
		Kil.	Kil.	Kil.	
1.	Nicht gegipst; Ackerkrume 1 M. tief	3662	457	4119	100 : 12,5
	Gegipst, im April 1794 . .	5959	635	6594	100 : 10,7
	Differenz	2297	178	2475	
2.	Nicht gegipst; Ackerkrume weniger tief	3018	268	3286	100 : 8,9
	Gegipst, im April 1792 . .	4780	414	5194	100 : 8,7
	Differenz	1762	146	1908	
3.	Nicht gegipst; Ackerkrume 8 Centimeter tief	2256	72	2328	100 : 3,2
	Gegipst, am 17. Mai 1794 .	5323	230	5553	100 : 4,3
	Differenz	3067	158	3225	
4.	Angränzendes Land von derselben Beschaffenheit, wie Nr. 3; im Mai 1792 gegipst	4702	224	4926	100 : 4,8
	Differenz	2446	152	2598	

Wirkung des Gipses auf den weißen Klee.

Unter ähnlichen Bodenverhältnissen und in denselben Jahren wurden auch Versuche mit weißem Klee ausgeführt; der Gips wurde am 22. Mai ausgestreut, und zwar 5,38 Hectol. auf 1 Hectare. Der Klee hatte zu dieser Zeit ein sehr blasses Ansehen und es schien ihm an Kraft zu fehlen; 14 Tage später waren die Wirkungen des Gipses sichtbar, und obgleich während dieser Zeit kein Regen gefallen war, hatte der Klee sich doch so dicht bebuscht, um gegen die Einwirkung der Sonne geschützt zu sein, welche fast alle nicht gegipsten Theile des Feldes versengte.

Nr.	Versuche.	Heu auf 1 Hectare.	Samen auf 1 Hectare.	Gesammtgewicht der Ernte.	Verhältniß des Heues zum Samen.
		Kil.	Kil.	Kil.	
1.	Gegipst . .	2429	347	2776	100 : 14,3
	Nicht gegipst .	915	61	976	100 : 6,7
	Differenz	1514	286	1800	
2.	Gegipst . .	2476	190	2686	100 : 7,6
	Nicht gegipst .	1545	67	1612	100 : 4,3
	Differenz	931	123	1074	

Auch bei anderen in neuerer Zeit in England ausgeführten und von Johnston mitgetheilten zahlreichen Versuchen hat sich der Ertrag der Esparsette und des Klees durch die Anwendung des Gipses bis über das Doppelte, sowohl in Heu wie in dem Samen vermehrt; so hat man z. B. bei dem Klee durch Anwendung des Gipses einen so mächtigen Wuchs erlangt, daß keine Blüthe sich eher als nach dem dritten Schnitte zeigte; auch der Nachwuchs war noch sehr schön. Bei einem Versuche ergab sich von der Fläche eines Hectare eine Ernte an Kleeheu von ungefähr 8000 Kil., während ohne Gips von derselben Fläche nur 2500 Kil. geerntet wurden; ebenso gab dasselbe Land mit Gips an Kleesamen 125 Kil., ohne Gips nur 24 Kil., an Kleegrummet mit Gips 2800 und ohne Gips nur 650 Kil.

In Frankreich ist ebenfalls in älterer wie in neuerer Zeit die günstige Einwirkung des Gipses auf das Gedeihen der Esparsette und des Klees beobachtet worden; einige der Versuche, welche angestellt wurden, um den Grad dieser Wirkung unter gewissen Umständen festzustellen, sind in ihren Resultaten in dem Folgenden mitgetheilt; sie wurden im südlichen Frankreich (Depart. Haute-Garonne) von Villèle ausgeführt. Düngungsversuche mit Gips in Frankreich.

Beschaffenheit des Bodens.	Nr. der Versuche.	Cultur von	Trockne Ernte von 1 Hectare. Gegipst.	N. gegipst.	Differenz zu Gunsten des Gipses.	Menge des Gipses auf 1 Hectare.
			Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Leicht, trocken, gegen Mittag gelegen, 2 bis 3 Decim. Tiefe, auf Kreide ruhend.	1.	Esparsette	3500	2200	1300	800
	2.	"	4000	2000	2000	300
	3.	"	3300	2100	1200	600
Streng, thonig, feucht, 5 Decim. Tiefe, auf Thon ruhend.	4.	Klee	5000	2500	2500	500
	5.	"	4000	2400	1600	700

In Nordamerika, wo Franklin und Washington gegen Ende des vorigen Jahrhunderts für die Verbreitung der Gipsdüngung sich hohe Verdienste erwarben, wie in vielen Gegenden Deutschlands, wo in gleicher Weise zu derselben Zeit Schubert von Kleefeld thätig war, ist durch unzählige Versuche und Beobachtungen die Wirksamkeit des Gipses außer Zweifel gesetzt; dennoch scheinen sowohl hier wie in den zuerst angeführten Ländern Verhältnisse in der Witterung, im Klima und im Boden auftreten zu können, welche die Wirkung dieses Stoffes, namentlich auf die Kleeproduction aufheben. Ich gebe zum Beweise dieser Behauptung die Resultate von einigen über die Wirkung des Gipses auf die Kleeerzeugung angestellten Versuchen, die auf der landwirthschaftlichen Lehranstalt zu Brösa, in der sächsischen Oberlausitz, in den Jahren 1848 und 1849 von E. Stöckhardt angeordnet worden sind.

Beispiel von einem indifferenten Verhalten des Gipses gegen das Wachsthum des Klees.

Nr.	Menge des angewendeten Gipses auf 1 Hectare.	Kleeernte auf 1 Hectare.		Differenz.	
		Grün.	Trocken.	Grün.	Trocken.
1848.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Nr. 1.	—	13500	—	13500	—
„ 2.	700	12500	—	— 1000	—
„ 3.	1400	14000	—	+ 500	—
„ 4.	700 250 Asche	13000	—	— 500	—
1849.					
Nr. 5.	—	8000	2200	8000	2200
„ 6.	300	10000	2600	+ 2000	+ 400
„ 7.	600	10000	2600	+ 2000	+ 400
„ 8.	300	11000	2900	+ 3000	+ 700
„ 9.	—	24000	6300	24000	6300
„ 10.	300	27500	7200	+ 3500	+ 900
„ 11.	600	26800	7050	+ 2800	+ 750
„ 12.	600	25500	6700	+ 1500	+ 400
„ 13.	1200	24700	6500	+ 700	+ 200

Die Versuche beziehen sich sämmtlich auf Klee, welchem Thimotheegras beigesäet war; die Versuche 5 bis 8 sind mit weißem Klee, die übrigen mit rothem Klee angestellt worden; bei Nr. 8, wie auch bei Nr. 12 und 13 war gebrannter Gips, sonst durchgängig ungebrannter angewendet worden; bei dem weißen Klee gab ein anderer Versuch mit gebranntem Gips einen niedrigeren Ertrag als in dem Versuch Nr. 8 angegeben ist. In der Versuchsreihe Nr. 1 bis 4 war der Boden ein feuchter Lehm mit thonigem, ziemlich undurchlassendem Untergrunde;

als Vorfrucht war Winterroggen gebaut, der Gips am 11. Mai ausgestreut und der Klee am 19. Juni in der Blüthe geschnitten; der zweite Schnitt fiel wegen trockener Witterung sehr kärglich aus und wurde nicht gewogen. Dem Klee auf Nr. 5 bis 8 war Hafer (nach gedüngten Kartoffeln) als Vorfrucht vorausgegangen, auf Nr. 6 und 7 war der Gips am 14. April, auf Nr. 8 erst am 1 Mai ausgestreut, die Ernte am 2. Juni gemacht worden. Der zweite Schnitt unterblieb wegen des ungünstigen Nachwuchses. Zu den Versuchen Nr. 5 bis 8 diente ein sandiger Lehmboden mit durchlassendem Untergrunde. Auf Nr. 9 bis 13 war der Klee nach Weizen auf einem tiefen, reichen Lehmboden gebaut worden, wozu mit Rindviehdünger (35000 Kil. pr. Hectare) und mit Kalk (1500 Kil. pr. Hectare) gedüngt worden war; der Kalk war jedoch nicht gleichzeitig mit dem Dünger untergepflügt, sondern erst bei der Saat des Weizens mit dem Samen eingeeggt. Der Gips zu Nr. 10 und 11 war am 14. April, zu 12 und 13 am 1. Mai ausgestreut und die Ernte des ersten Schnittes geschah am 9. Juni. Die oben zusammengestellten Resultate dieser Versuche beziehen sich aber auf zwei Schnitte, die an Gewicht im grünen, wie im trocknen Zustande fast ganz übereinstimmten.

Ich enthalte mich hier vorläufig aller Bemerkungen über die angeführten Versuche und richte zunächst meine Aufmerksamkeit auf die Wirkung des Gipses bei anderen Pflanzen, wie solche durch die Erfahrung und direkte Versuche bekannt geworden ist. In den Gegenden, wo die Luzerne als Futtergewächs gedeiht, hat man ebenfalls die Beförderung der Vegetation dieser Pflanze bei Anwendung von Gips deutlich beobachten können. Aehnlich verhalten sich auch die Wicken und besonders die Erbsen gegen das in Rede stehende Düngmittel; jedoch muß man beachten, daß der Gips hier wie überall hauptsächlich die Blattbildung begünstigt und verhältnißmäßig nicht in gleich hohem Grade auf die Vergrößerung des Körnerertrages einzuwirken scheint; ob der Gips auf die Erbsen den nachtheiligen Einfluß äußert, daß sie sich nicht gut weichkochen lassen, darüber liegen mir nicht hinreichende Beobachtungen und Erfahrungen vor. Auf dem Rittergute Brösa ist die Gipsdüngung bei Erbsen, hinsichtlich des Stroh- oder Heuertrages, nicht ganz ohne Wirkung geblieben und zwar im J. 1848 unter ganz ähnlichen Boden- und denselben Witterungsverhältnissen, unter welchen dieses Düngmittel bei dem Klee sich weniger wirksam zeigte. Die Resultate der mit Erbsen angestellten Versuche sind nämlich die folgenden:

Wirkung des Gipses auf das Gedeihen der Erbsen.

Nr.	Menge des Gipses auf 1 Hectare.	Ernte auf 1 Hectare.		Differenz.	
		Körner.	Stroh u. Spreu.	Körner.	Stroh.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
1.	—	1600	2050	1600	2050
2.	700	1370	2500	— 230	+ 450
3.	1400	1950	2900	+ 350	+ 900
4.	700 250 Asche	1420	2150	— 180	+ 100

Der Boden war ein sandiger Lehm mit durchlassendem Untergrunde, die Vorfrucht Hafer; das Feld wurde im Herbste tief geackert und blieb den Winter über in rauher Furche liegen, im Frühjahr wurde mit Schafdünger (10800 Kil. auf 1 Hectare) gedüngt, der Dünger flach untergepflügt und die Erbsen am 30. April mit der Krümmer-Egge untergebracht, der Gips am 11. Mai über die jungen Pflanzen ausgestreut. Vom 30. April bis zum 19. Mai hatte es nicht geregnet, jedoch war häufig starker Thau gefallen. Auffallend ist, daß bei Nr. 1 der Dresdner Scheffel (oder 0,931 Hectol.) ein Gewicht von 192 Pfd., bei Nr. 2 von 188, bei Nr. 3 von 163 und bei Nr. 4 von 189 Pfd. hatte; es nimmt also das Gewicht eines bestimmten Volumens der Erbsen ab, so wie die Production an Blättern und Stengeln sich vermehrt.

Wirkung des Gipses bei der Cultur von Wicken und Bohnen.

Der Einfluß des Gipses auf die Wicken- und Bohnenernten wurde im Jahre 1843 in Schottland durch verschiedene Versuche bestätigt gefunden; es wurden geerntet:

		Menge des Düngers auf 1 Hectare.	Gewicht der Ernte.	Differenz zwischen dem gegipsten u. ungegipsten Lande.
		Kil.	Kil.	Kil.
1.	Nichts gab . .	⸗	10868	
	Gips . . .	232	12498	1630
2.	Nichts gab . .	⸗	11876	
	Gips . . .	208	14869	2993
3.	Nichts gab . .	⸗	16796	
	Gips . . .	1106	23341	6545

Der Versuch Nr. 1 bezieht sich auf ein Gemenge von Wicken und Hafer und wurde in einem milden, schwarzen Boden angestellt, welcher auf einem sehr undurchlassenden Untergrunde ruhte; die Ueberdüngung fand am 8. Juni und die Ernte am 28. September statt. Der Boden

zu Nr. 2 war tief und reich, mit durchlassendem Untergrunde und von Natur trocken; Bohnen und Wicken gesäet in dem Verhältniß von 1 zu 3, die Ueberdüngung wurde am 6. Juni vorgenommen bei feuchter Witterung. Zu dem Versuche Nr. 3 diente ein sandiger leichter Lehmboden; Wicken, Bohnen und Erbsen wurden unter einander am 26. April gesäet, am 22. Mai überdüngt und zwischen dem 26. August und 6. September gehauen.

Wirkung des Gipses bei der Cultur von Wurzel- und Knollengewächsen.

Die Wirkung des Gipses auf das Wachsthum und die Production vegetabilisch-organischer Masse ist bei dem Raps, Rübsen, Senf, den Kohlarten u. s. w. ungleich geringer, als bei den bisher angeführten Pflanzen, ja in der Regel sogar undeutlich selbst auf den Ländereien und in den Gegenden, wo der Wuchs des Klees, der Esparsette, Erbsen und der Luzerne durch das Ueberstreuen mit Gipspulver auffallend befördert wird. Ebensowenig hat man einen deutlichen und stetig bleibenden günstigen Einfluß des Gipses beobachten können bei der Cultur der Wurzelgewächse, wie von Kartoffeln, Runkelrüben, Turnips u. s. w., obgleich man zuweilen, namentlich in England, auch hier die Gipsdüngung angewendet wissen will und in der That auch günstige Resultate bei den in dieser Hinsicht angestellten Versuchen erhalten hat. So hat man nach Johnston in England z. B. bei einem Versuche beobachtet, daß die gegipsten Kartoffeln um ein Drittel höheren Ertrag gaben als die nicht gegipsten, und daß jene überhaupt größere Knollen gebildet hatten, obgleich man während des Wachsens keinen besonderen Unterschied zwischen den gegipsten und nicht gegipsten Kartoffeln wahrnehmen konnte. Ich selbst habe bei den Kartoffeln von dem Gipse keinen günstigen Einfluß bemerken können, denn im Mittel aus zwei im Jahre 1848 angestellten Versuchen hatte ich von einer Fläche, auf welcher die Kartoffeln in Rindviehdünger und Gips gelegt worden waren, eine Ernte von 75 Kil., während ohne Gips auf derselben Fläche ebenfalls im Mittel aus zwei nahe übereinstimmenden Versuchen 83 Kil. geerntet wurden. Die meisten Erfahrungen stimmen dahin überein, daß der Gips gegen das Wachsthum der Knollengewächse sich indifferent verhält, wenigstens die Erträge derselben nur in sehr unbedeutendem Grade zu modificiren vermag. Das Letztere scheint auch aus den Resultaten einiger im Elsaß im Jahre 1842 von Boussingault mit Runkelrüben ausgeführten Versuche sich zu ergeben. Die Pflanzen der Runkelrüben wurden zu der geeigneten Zeit gesteckt und begossen, der Gips zur Zeit des Häufelns angewendet; der Regen war

häufig und kurze Zeit nach dem Ausstreuen der Gips von dem Boden aufgenommen; die Ernte erfolgte am 8. October, 3 Monate nach dem Gipsen; der auf 2,44 Are gewonnene Ertrag war: im gegipsten Schlage 690 Kil. (also auf 1 Hectare 28290 Kil.), im nicht gegipsten Schlage dagegen 650 Kil. (also auf 1 Hectare 26650 Kil.) Wurzeln, der Unterschied zu Gunsten des gegipsten Feldes mithin so unbedeutend, daß man ihn kaum auf Rechnung des Gipses schreiben kann. In Schottland sah Melvin auf einem braunen, milden Turnipsboden durch Aufbringung von 376 Kil. Gips neben etwa 50000 Kil. Hofmist pr. Hectare den Ertrag der Turnipsernte von 46,930 Kil. (erhalten durch Hofmist allein) um 2964 Kil. sich vergrößern.

Wirkung des Gipses auf die Halmfrüchte.

Die Frage, ob der Gips das Gedeihen der Halmfrüchte, der gewöhnlichen Getreidearten, zu fördern und die Ernteerträge bei diesen Pflanzen zu vermehren im Stande sei, hat ebenfalls zu der Ausführung einer Reihe von interessanten Versuchen Veranlassung gegeben. Die im Folgenden zunächst mitgetheilten Versuche wurden im J. 1842 auf Feldern vorgenommen, welche für jede Cultur eine Oberfläche von etwa 4 Aren darboten, und hierbei alle Vorsichtsmaßregeln getroffen, um Beobachtungen vergleichbar zu machen. So war das für jede Cultur getrennte Feld in drei neben einander liegende Beete abgetheilt; das erste Beet A erhielt den Gips immer in dem Verhältniß von 4 Hectoliter (etwa 400 Kil.) auf 1 Hectare; das zweite B und das dritte C wurden nicht gegipst. Jedes Beet wurde mit der gleichen Menge Samen bestellt; A und C waren die Beete, welche mit einander verglichen werden sollten, das zwischenliegende B war ein neutrales Terrain, nur dazu bestimmt, die Berührung der gegipsten Fläche mit der nicht gegipsten zu vermeiden. 1842 wurde die Wirkung des Gipses auf Weizen untersucht; der Gips ward am 19. Mai ausgestreut, zu welcher Zeit die Getreidefelder ein schönes Aussehen hatten, und die Ernte vom 21. bis 26. Juli gewonnen.

Bezeichnung der Vorfrucht.	Gewicht der auf 1 Hect. geernteten Garben.		
	A. Gegipst.	B. Nicht gegipst.	C. Nicht gegipst.
	Kil.	Kil.	Kil.
Weizen nach Klee .	3625	3675	3725
„ „ Rüben	2225	2000	1800
„ „ Kartoffeln	3675	2800	3000
Mittel der Resultate	3175	2825	2842

Da das Jahr 1842 im Elsaß, wo diese Versuche ausgeführt wurden, in Folge der anhaltenden Dürre dem Weizen sehr ungünstig gewesen war, so mußten die Versuche wiederholt werden. Dies geschah im Jahre 1843 und zwar unter Witterungsverhältnissen, wie sie wohl selten dem Anbau von Halmfrüchten günstiger sich gestalten mögen. Die hier mitgetheilten Resultate beziehen sich auf die Fläche eines Hectare, unter Anwendung von 1100 Kil. Gips für 1 Hectare. Die einzelnen Versuche selbst wurden auf je 3 Are angestellt, auf die gegipsten Flächen von dieser Größe jedesmal 33 Kil. Gips gebracht.

Früchte.	Garben auf 1 Hectare.	Körner auf 1 Hectare.	Stroh, Spreu u. Abfall, auf 1 Hectare.	Verhältniß der Körner zum Stroh.
	Kil.	Kil.	Kil.	
Gegipster Roggen . .	7826	2085	5741	1 : 2,75
Nicht gegipster Roggen	7160	1925	5235	1 : 2,72
Gegipster Weizen . .	7010	2238	4772	1 : 2,13
Nicht gegipster Weizen .	7716	2351	5365	1 : 2,28
Desgleichen	6866	2168	4698	1 : 2,16
Gegipster Hafer . .	4995	1698	3297	1 : 1,94
Nicht gegipster Hafer .	5581	1715	3866	1 : 2,25

Aus den bisher mitgetheilten Versuchsresultaten über die Wirkung des Gipses auf verschiedene Pflanzengattungen oder ganze Pflanzenfamilien, kann man nun schon einen Schluß ziehen auf den Grad der Wirkung, welchen der Gips als Dünger für die Wiesen äußern muß. Die Gräser der Wiesen müssen hinsichtlich derjenigen Stoffe, welche zu deren Gedeihen beitragen, einerlei Verhalten haben mit den eigentlichen Getreidearten, denn diese gehören selbst zu der Familie der Gräser; und wenn wir den Gips bei der Cultur der Getreidearten fast ohne alle Wirkung angewendet sehen, so wird derselbe Körper auch auf das Wachsthum der Wiesengräser nicht wesentlich fördernd einwirken können. In der That zeigte diese Vermuthung sich auch bestätigt, als Kuhlmann mit Gips Versuche anstellte auf einer Wiese, die im Jahre 1844 auf thonigem Boden durch Einsaat von Heusamen und Wicken gebildet worden war; hier wurden nämlich im Jahre 1845, unter Anwendung von 500 Kil. gebrannten Gipses auf 1 Hectare auf dieser Fläche an Heu und Grummet 7607 Kil. geerntet, während ohne Gips auf einer gleichen Fläche die Ernte 7744 Kil. betrug; und im Jahre 1846, als Kuhlmann auf derselben Wiese auf einer gleichen Fläche dieselbe Menge Gips aufbringen ließ, erhielt er an Heu nur 3103 Kil., wäh-

Wirkung des Gipses auf Wiesen u. Grasland.

rend ohne Gips 3519 Kil. Heu geerntet wurden. Dennoch wäre es nicht zulässig, wenn man unter allen Umständen das Gipsen der Wiesen als geradezu unnütz widerrathen wollte; im Gegentheil hat man in England auf Grasländereien, welche trocken lagen und milden lockeren Boden mit durchlassendem Untergrunde hatten, sehr gute Erfolge gesehen, namentlich wenn das vorhandene Moos vorher war losgeeggt worden; statt des Mooses stellten sich hier nämlich sehr bald Kleepflanzen in Menge und Ueppigkeit ein. Es wurden auf Grasland, dessen Boden als hellbrauner Lehm bezeichnet wird, von Alex. Roß folgende Versuche ausgeführt und für die Fläche eines Hectare die hier zusammengestellten Resultate erlangt:

		Menge des Düngmittels.	Ernteertrag an Heu.	Mehrertrag durch den Dünger bewirkt.
		Kil.	Kil.	Kil.
1.	Nichts	=	4448	=
2.	Gips	864	5081	633
3.	Saldanha Bai=Guano	494	5204	756
4.	Saldanha Bai=Guano Gips	247 494	5807	1359
5.	Thierische Kohle . .	440	4940	492
6.	Thierische Kohle . . Gips	247 370	5478	1030
7.	Kochsalz	1112	4824	376
8.	Kochsalz . . . . Gips	494 494	5064	616

Die Düngmittel wurden am 14. April über das junge Gras ausgestreut, das Gras am 3. Juli geschnitten und das Heu am 15. Juli gewogen. Man bemerkt hier überall eine deutliche, wenn auch nicht sehr auffallende Wirkung des Gipses. Auf zähem, thonigem Boden hat man selten von dem Gipsen der Wiesen oder Grasländereien einen günstigen Erfolg beobachtet, wie auch die vorher angeführten Resultate der Kuhlmann'schen Versuche bestätigen; in der Nähe von Edinburgh erntete Melvin ohne Gips von der Fläche eines Hectare Grasland 3712 Kil. Heu, nach Anwendung von 550 Kil. Gips nur 3222 Kil. auf einem Boden, der einen zähen undurchlassenden Thonstein als Unterlage hatte.

Auch in Frankreich haben die Landwirthe von dem Gipsen gewisser

Wiesen und Grasländereien günstige Erfolge erhalten, wie namentlich aus einem Berichte der dortigen königlichen Centralgesellschaft für Agrikultur hervorgeht, nach welchem nämlich von 43 hierüber befragten anerkannt tüchtigen Landwirthen 40 Stimmen sich dahin aussprachen, daß der Gips auf die künstlichen Wiesen vortheilhaft wirke, jedoch nur in dem Falle, wenn der Boden ziemlich trocken sei; keine Wirkung sei aber zu beobachten, wenn der Boden eine feuchte, kalte und zähe Beschaffenheit habe. Man sieht hier leicht, daß der unter Umständen günstige Einfluß des Gipses auf Grasfluren nicht in einer direkten Beförderung des Graswuchses bestehen, sondern hauptsächlich daraus zu erklären sein möchte, daß die Klee- und Wickenpflanzen durch die Anwendung jenes Düngmittels zu einem üppigeren Gedeihen gelangen, und diese also die Vergrößerung der Heu- und Grummeterträge bewirken, das Gras selbst wird durch den Gips nicht zu einer sehr vermehrten Production veranlaßt, wenigstens sind hierzu weit größere Gipsmengen erforderlich, als man gewöhnlich auf eine bestimmte Fläche Landes anzuwenden pflegt.

Der Gips äußert nur auf gewisse Pflanzen einen auffallenden Einfluß.

Es steht, allen bisherigen Erfahrungen und Beobachtungen zufolge fest, daß der Gips nur bei einer gewissen Classe von Pflanzen auf eine höchst auffallende Weise die Vegetation derselben befördert und beschleunigt; nämlich bei der Pflanzenfamilie, zu welcher der Klee, die Wicke, die Erbse, Esparsette, Luzerne gehören, und die in den botanischen Werken mit dem Namen der Schmetterlingsblüthigen oder der Leguminosen bezeichnet zu werden pflegt. Gegen alle anderen Culturpflanzen verhält sich der Gips indifferent, oder seine Wirkung ist wenigstens so unbedeutend und so unsicher, daß die Anwendung dieses Düngmittels hier keine allgemeine Verbreitung hat finden können. Aber selbst bei den Pflanzen aus der Familie der Leguminosen, wie namentlich bei dem Klee, welcher als die verbreitetste und wichtigste Futterpflanze vorzugsweise unsere Aufmerksamkeit verdient, ist die Wirkung des Gipses keineswegs unter allen Verhältnissen dieselbe und immer eine überaus günstige; ich habe oben schon genaue Versuchsresultate mitgetheilt, nach welchen die Wirkung des Gipses bei der Cultur des Klees fast gleich Null war. Um diese scheinbaren Widersprüche lösen und womöglich überhaupt eine genügende Theorie des Gipses aufstellen zu können, müssen wir noch einige Augenblicke bei den Beobachtungen und Erscheinungen verweilen, welche uns bei der Anwendung des Gipses im Großen entgegentreten, und wir müssen noch ferner in Betreff einzelner

Punkte aus der Praxis selbst uns die Grundlagen verschaffen, auf welche hin wir es unternehmen können, die schwierige Frage über die Theorie des Gipsens ihrer Lösung näher zu bringen.

Höhe der Wirkung des Gipses bei dem Anbau der Leguminosen.

Ueber die Höhe der Wirkung des Gipses auf die Production von vegetabilischer Masse bei dem Anbau der Leguminosen bemerkt man bei den verschiedenen landwirthschaftlichen Schriftstellern sehr verschiedene Angaben, wie man es auch leicht erklärlich finden wird, wenn man den im Vorhergehenden mitgetheilten Versuchen zufolge sich erinnert, daß der Gips in den verschiedenen Ländern, ja in den verschiedenen Gegenden eines und desselben Landes so sehr abweichend in der Höhe seiner Wirkung sich zeigt. Das Klima und die Bodenbeschaffenheit in England scheint die Wirkung des Gipses ganz besonders zu begünstigen, und aus diesem Grunde finden wir auch die Angaben der englischen Schriftsteller über die Wirkung des Gipses sehr hoch. So bemerkt Johnston, er hege die Ueberzeugung, daß der Gips bereits im ersten Jahre das Zwölffache seines Gewichtes an Kleeheu producire; bei der Esparsette und Luzerne sei er aber zufrieden, wenn er wenigstens in 3 auf einander folgenden Jahren dieses Gewicht erlange, und bei dieser Pflanze habe er gewöhnlich gefunden, daß der zweite Jahreswuchs schwerer sei, als der gleich nach der Düngung. Bei uns in Deutschland ist bei weitem nicht der Erfolg mit der Anwendung des Gipses verbunden, wie es in England und zum Theil auch in Frankreich der Fall zu sein scheint, die Mehrzahl unserer landwirthschaftlichen Schriftsteller berechnen den durch Gips bewirkten Mehrertrag im Klee unter günstigen Verhältnissen zwar auf 40 bis 50 Proc. der ganzen Ernte, im großen Durchschnitt aber nur auf 25 Proc., während man die mittelbare Wirkung auf die nachfolgende Frucht auf 6 bis 8 Proc. oder doch nur wenig höher veranschlagt.

Menge des ausgestreuten Gipses.

Die so eben einem englischen Autor entlehnte Bemerkung, daß die Wirkung des Gipses bis zu dem Zwölffachen seines eigenen Gewichtes und darüber sich erhebe, bezieht sich natürlich auf eine bestimmte Quantität, welche in der Regel von diesem Düngmittel in England angewendet wird und etwa 225 bis 300 Kil. für die Fläche eines Hectare zu betragen pflegt. Die angeführte Quantität, oder doch nur eine wenig höhere bis zu 400 oder höchstens 500 Kil. scheint auch für Frankreich und ebenfalls für Deutschland das der Erfahrung gemäß passendste Mengenverhältniß zu sein, in welchem der Gips anzuwenden sein möchte. In den oben mitgetheilten Versuchen zeigte die Anwendung der hier empfohlenen Quantität an Gips, nämlich 3 bis 400 Kil.

für ein Hectare die größte Wirkung bei der Cultur von Klee und von Esparsette, während 600 bis 800 Kil. auf dieselbe Fläche ausgestreut nicht allein keinen höheren Ertrag, sondern sogar eine Verminderung der durch jene Gipsmenge hervorgebrachten Pflanzenmasse bewirkt haben. In den Fällen, wo die Wirkung des Gipses eine undeutliche oder doch eine nur geringe wird, ist die Quantität des angewendeten Gipses ebenfalls gleichgültig, indessen sieht man auch hier, nur weniger auffallend, sowohl bei dem rothen, wie namentlich auch bei der Cultur des weißen Klees bei Anwendung von etwa 300 Kil. auf 1 Hectare Landes in der Mehrzahl der angestellten Versuche den besten Erfolg, während bei Anwendung einer größeren Quantität die durch den Gips, wie es scheint, bewirkte Vergrößerung der Ernte eine immer geringere wird.

In Hinsicht der Quantität des anzuwendenden Gipses ist es natürlich nicht gleichgültig, ob der Gips im gebrannten oder im ungebrannten Zustande auf den Acker gebracht wird; denn bei gleichem Gewichte ist bekanntlich im gebrannten Gips eine größere Menge von wirksamer Substanz enthalten als in dem ungebrannten, da der letztere ein Fünftel seines Gewichtes oder ungefähr 20 Proc. Wasser enthält, welches beim Brennen entfernt wird. Je nachdem der gebrannte Gips längere oder kürzere Zeit an der Luft gelegen hat, hat er in der Regel auch mehr oder weniger mit Wasser wiederum sich gesättigt, vollkommen geschieht dieses in der Regel nur sehr langsam, namentlich wenn der Gips etwas scharf gebrannt worden ist. Da der gebrannte Gips von dem ungebrannten sich nur durch die Abwesenheit des Wassers unterscheidet und dieser Unterschied sogar in Berührung mit der Feuchtigkeit der Luft und des Erdbodens sehr bald wiederum gehoben wird, so kann offenbar auch in der Wirkung dieser Stoffe als Düngmittel kein wesentlicher Unterschied stattfinden, wie auch im Ganzen durch die Resultate älterer und neuerer Versuche hinreichend bestätigt wird. Bei einem Versuche hatte der gebrannte Gips allerdings im ersten Jahre eine etwas bessere Wirkung, als der ungebrannte hervorgebracht, aber in den drei darauf folgenden Jahren war kein Unterschied weiter zu bemerken. Einige Landwirthe ziehen dagegen den rohen Gips dem gebrannten vor, indem sie befürchten, daß der letztere wegen einer vermeintlich ätzenden Beschaffenheit und den Boden anfangs austrocknenden Eigenschaft auf das Wachsthum der Pflanzen nicht so günstig einwirken möchte; diese Befürchtung ist jedoch, wie ich glaube, eine überflüssige, denn die angeführten Eigenschaften, wenn sie auch wirklich vorhanden wären, können

Anwendung des gebrannten und ungebrannten Gipses.

bei einer verhältnißmäßig so geringen Quantität, wie von diesem Düngmittel angewendet wird, weder auf die Beschaffenheit des Bodens noch auf den Zustand der Pflanzen irgendwie einen Einfluß äußern.

Ueber die zum Ausstreuen des Gipses passendste Jahreszeit.

Eine andere wichtige Frage, deren Lösung wir zunächst in der praktischen Erfahrung suchen müssen, ist die, zu welcher Jahreszeit und unter welchen Witterungsverhältnissen man den Gips anzuwenden habe. Ueber die Zeit des Ausstreuens des Gipses herrschen im Ganzen weniger abweichende Ansichten bei den erfahrenen Landwirthen, als dieses bei der Feststellung von anderen bei der Anwendung des Gipses in Erwähnung kommenden Punkten der Fall ist. Bei weitem die meisten Erfahrungen sprechen dafür, daß der Gips die größte Wirkung hervorbringe, wenn er mit den Blättern der betreffenden Pflanze in Berührung kommt, nämlich mit den jungen Blättern, die im Frühjahr zuerst sich entwickeln; der Gips wäre demnach erst dann auszustreuen, wenn der junge Klee so weit entwickelt ist, daß er den Boden dicht bedeckt, handhoch ist, und seine Blätter schon vom Winde bewegt werden, welcher Zeitpunkt für das mittlere Deutschland also meistens Ende April oder Anfang Mai eintritt, dieselbe Zeitperiode, welche ebenfalls in England und selbst auch in Frankreich fast durchgängig für die geeignetste gehalten wird. Nur ausnahmsweise und in einzelnen Gegenden empfiehlt man auch wohl ein zeitigeres Ausstreuen des Gipses; so hat man zu Eldena bei dem Ausstreuen im ganz zeitigen Frühjahr, selbst auf den Schnee, den besten Erfolg bemerkt; auch im Herbste des ersten Jahres auf den jungen Klee ausgestreut, soll der Gips nach einigen Schriftstellern eine sichere, aber etwas schwächere Wirkung hervorbringen, als wenn er, wie gewöhnlich, im Frühjahr mit den Pflanzen in Berührung gebracht wird. Die Anwendung des Gipses nach dem ersten Schnitt im zweiten Jahre zeigt nur unter sehr günstigen Boden- und Witterungsverhältnissen einen vortheilhaften Einfluß; ferner soll auch die Samendüngung bei dem Klee und bei den Erbsen, selbst mit einer nur geringen Quantität Gips günstige Resultate gewähren; die Erbsen und die Kleesamen gingen bei einem Versuche etwas später auf, als gewöhnlich, entwickelten sich aber dann um so üppiger und kräftiger. Die Methode, den Samen von Klee und Erbsen vor dem Ausstreuen mit Gipslösung zu tränken, soll in Livland sehr üblich sein. Die bei Tharandt von Schweitzer ausgeführten Versuche über die zweckmäßigste Zeit zum Ausstreuen des Gipses fielen zu Gunsten der gewöhnlichen Zeit, zu Anfang Mai, aus, indem auf drei gleich

großen Parzellen, von denen die erste am 7. März, die zweite am 18. April und die dritte am 1. Mai mit Gips bestreut worden war, die Ernte an Grünfutter sich verhielt wie 802 zu 864 zu 976.

Die passendste Witterung zum Ausstreuen des Gipses.

Wie man über die Zeit des Gipsstreuens im Allgemeinen einerlei Ansicht ist, so hat man sich auch durch zahlreiche Erfahrungen überzeugt, daß, wenn das Ausstreuen bei warmer, feuchter Witterung erfolgt, die Wirkung bedeutend günstiger ist, als bei kalter, nasser oder zu trockener Luft. Schweitzer sagt: „Am günstigsten ist die Aufbringung des Gipses, wenn im Frühjahr jene milden, grauen Frühlingstage mit warmen Nächten sich einstellen, wo die Sonne nur dann und wann das Gewölk durchdringt und bisweilen jene sanften, milden Regenschauer kommen, die der Landmann sehr bezeichnend sittsam nennt, aber nicht etwa anhaltende, kalte, heftige Regengüsse, die offenbar die Wirkung des Gipses mindern." Auch in England hat man es in vielen Versuchen bestätigt gefunden, daß das Ausstreuen des Gipses bei feuchtem Wetter von großem Vortheil ist; der Klee wird nicht allein beträchtlich höher, sondern auch dichter, bekommt eine tiefere und glänzendere Farbe und ein breiteres Blatt.

Einfluß der Bodenbeschaffenheit auf den Erfolg der Gipsdüngung.

Von besonders großer Bedeutung bei der Feststellung des Grades der Wirkung einer Gipsdüngung ist die chemische und noch mehr die physikalische Beschaffenheit des Bodens. Wo schon unter den Bestandtheilen der Ackerkrume der Gips in nicht unbedeutender Menge vorhanden ist, da wird die weitere Aufbringung dieses Stoffes natürlich nur von geringem und zuweilen von gar keinem Nutzen sein; dahingegen auf sehr kalkhaltigem, selbst auf trockenem Kalk- und Kreideboden ist die günstige Wirkung des Gipses noch deutlich, sogar manchmal ganz in der Nähe von Gipsbrüchen, indem oft schon wenige Schritte von denselben entfernt die Ackerkrume keineswegs Gips in bedeutender Menge mehr enthält. Daß ferner der Gips auf Bodenarten, welche an sich schon zum Anbau der Früchte, auf welche der Gips überhaupt günstig einwirkt, gänzlich ungeeignet sind, auf dürrem Sand- und nassem kaltgründigem Thonboden — seine Wirkung versagt, versteht sich von selbst. Alle Erfahrungen kommen darin überein, daß unter einem nicht zu trockenen Klima ein lehmiger Sand, sowie auch ein ziemlich leichter Lehmboden, wenn der letztere einen nicht zu undurchlassenden Untergrund hat, die Wirkung des Gipses am auffallendsten unterstützt, indem auf einem solchen Boden die zu große Feuchtigkeit sich bald wieder verliert und kein stehendes Wasser sich bildet, welches außerordentlich schädlich auf

das Gedeihen der kleeartigen Pflanzen einwirkt; auf einem zähen, kalten Thonboden, oder einem Lehmboden mit undurchlassendem Untergrunde bemerkt man in der Regel gar keine Wirkung des Gipses, zuweilen sogar negative Resultate, welches sich, wie in Deutschland, so auch in England und Nordamerika fast allgemein bestätigt gefunden hat. In dem zuletzt angeführten Lande z. B. hat Washington den Gips in allen Verhältnissen von 90 bis 1800 Kil. auf 1 Hectare Landes auf Gras und Kleesaaten, sowie auf gepflügtes Land mit Thonboden angewendet, ohne im Geringsten eine Einwirkung wahrgenommen zu haben. Ich habe freilich oben ein Beispiel mitgetheilt, nach welchem im südlichen Frankreich auf einem thonigen Boden der Gips bei der Cultur des Klees einen noch sehr günstigen Erfolg äußerte, jedoch glaube ich hier darauf aufmerksam machen zu müssen, daß je nach den verschiedenen Ländern, ja schon nach den verschiedenen Gegenden in einem und demselben Lande einmal der Unterschied zwischen Thon und Lehm, namentlich bei den theoretischen Schriftstellern nicht allemal streng festgehalten, wenigstens die Gränze beider Bodenarten nicht immer mit der nöthigen Schärfe gezogen wird, und ferner, daß es Bodenarten geben kann, welche zwar eine große Menge von Thon enthalten, aber dabei in einem solchen Zustande der Cultur und mechanischen Auflockerung sich befinden, daß der Thon hier gleichsam in physikalischer Hinsicht, wie hinsichtlich seiner Wirkung auf die Beförderung des Pflanzenwuchses die Eigenschaften des Lehmes angenommen hat, — ebenso wie es auf der anderen Seite zahlreiche Beispiele giebt von Bodenarten, welche an sich freilich sehr sandiger Natur sind, in denen aber wegen Mangel an Cultur der gleichfalls, wenn auch nur in geringer Menge vorhandene Thon nicht in inniger Mischung mit dem Sande sich befindet, sondern denselben mechanisch Klöße und Adern bildend einschließt, welches häufig in einem zugleich eisenschüssigen Boden der Fall ist. So wie die angeführten Bodenarten die Wirkung des Gipses vollständig aufzuheben im Stande sind, so geschieht dasselbe, wenn die sandige Ackerkrume einen quelligen Untergrund besitzt, wodurch eine stockende Nässe, eine den Kleewuchs hindernde Kälte des Bodens und außerdem auch eine arge Verqueckung desselben veranlaßt werden kann. Nicht weniger ist es nothwendig, wenn der Gips einen günstigen Einfluß äußern soll, daß der Boden, wie im Zustande einer guten Cultur, so auch in dem einer möglichst kräftigen Mistdüngung sich befinde, welche letztere jedoch keinesweges unmittelbar vorauszugehen braucht. In einem nur mittelmäßig

gedüngten Boden bewirkt der Gips, wie zahlreiche Erfahrungen beweisen, eine kaum merkliche Verbesserung, und einen mageren und ausgehungerten, oder gar verwilderten und in der mechanischen Bearbeitung vernachlässigten Boden zu gipsen, heißt, wie einer unserer tüchtigsten Praktiker bemerkt, „seine Mühe und sein Geld verlieren."

Die Beschaffenheit des Klima's, welches die Wirkung des Gipses vorzugsweise befördert und unterstützt, ergiebt sich aus den obigen Andeutungen über die Witterungsverhältnisse, unter welchen der Gips, wo möglich, auszustreuen ist. Diejenigen Länder, welche wegen der Nähe des Meeres nicht an zu großer Trockenheit des Sommers leiden, wo während dieser Jahreszeit ein regelmäßiger, weder zu starker, noch zu schwacher Niederschlag der Feuchtigkeit erfolgt, wo also entweder milde, sanfte sogenannte Landregen, oder doch starke Thaubildungen über die Dauer des ganzen Sommers vertheilt sind und in Folge dessen eine stete und gleichmäßige Feuchtigkeit im Boden erhalten wird, wo ferner ebenfalls wegen der Nähe des Meeres die Häufigkeit und die Stärke der Gewitter gemäßigt und also das Niederfallen heftiger Regengüsse, welche eine sehr große Quantität von Wasser auf einmal der Ackerkrume zuführen, verhindert wird, während zu gleicher Zeit diese Landstriche eine nicht zu nördliche Lage haben, damit bei häufigem Regen, bei starker Nebel- und Thaubildung der Erdboden nicht zu sehr sich erkältet, sondern leicht und bald wieder durch die Sonnenstrahlen erwärmt werden kann, — in solchen Ländern, unter einem solchen Klima, wie es überhaupt dem Ackerbau die günstigsten Verhältnisse darbietet, wird auch der Gips das Wachsthum des Klees, der Esparsette und der übrigen Leguminosen am vollkommensten zu fördern im Stande sein. Ein solches Land ist England, namentlich das südliche, wie auch ein großer Theil Frankreichs. Wo außerdem, auch fern von der Meeresküste, ein Land, ja selbst kleinere Grundstücke durch vorliegende Berge oder Gehölz geschützt sind vor dem Zutritt der rauhen Nord- und Ostwinde, wo ferner im Inneren des Landes, bei einem milden, warmen Klima, einer verhältnißmäßig hohen Temperatur des Jahres und des Sommers, die Gegenwart von zahlreichen Waldungen die Ansammlung von Feuchtigkeit, die Regelung des Niederschlages derselben in der Form von Thau oder Regen begünstigt, da sehen wir ebenfalls, daß der Gips mit Vortheil als Düngmittel angewendet wird, so z. B. in Böhmen, Thüringen und anderswo. Wenn aber in einem Lande, wie die sächsische Oberlausitz, der Gips zum großen Theil seine

Einfluß des Klimas auf den Erfolg der Gipsdüngung.

günstige Wirkung auf den Klee versagt, so darf man nun, nach den hier so eben gegebenen, der Erfahrung entnommenen, Andeutungen, hierüber sich nicht verwundern, wenn man bedenkt, daß Klima und großentheils auch die Bodenbeschaffenheit der Wirkung des Gipses hier durchaus ungünstig sind.

Ursache des indifferenten Verhaltens des Gipses in einzelnen Ländern.

Der in der Oberlausitz vorherrschende Boden ist entweder thoniger oder sandiger Natur; eigentlicher milder, humusreicher, sandiger Lehm oder lehmiger Sand kommt hier nur höchst selten vor, der Thon dagegen ist meistens von zäher, widerspenstiger und kalter Beschaffenheit und außerdem, namentlich im Untergrunde, häufig sehr eisenhaltig, selbst nicht selten mit Lagern von Eisenstein versehen; die sandige Ackerkrume dagegen ist entweder kiesig, oder wenn auch feinkörnig, doch in den einzelnen Klößen oft wie mit einer Thonschicht überzogen und keineswegs eine innige Mischung von Sand und Thon, oder den sogenannten sandigen Lehm enthaltend; die sandige Ackerkrume lagert außerdem oft auf undurchlassendem, eisenhaltigem Thon, oder wenn auch zunächst ein rein sandiger Untergrund vorhanden ist, so ist derselbe doch quellig, weil etwas tiefer sehr bald eine Thonschicht wiederum folgt. Der quellige Untergrund aber bewirkt in den tieferen Schichten der Ackerkrume eine Erkältung derselben, in Folge der stockenden Nässe eine Versäuerung und namentlich auch eine starke Verqueckung des Bodens, alles Zustände des letzteren, welche, unseren Beobachtungen zufolge, mit einer günstigen Wirkung des Gipses auf die Kleeproduction sich nicht vereinigen lassen. Ebenso wichtig, wie die Bodenbeschaffenheit ist das herrschende eigenthümliche Klima für das Verständniß des indifferenten Verhaltens der Gipsdüngung in dieser Gegend. Das Klima muß nämlich, trotzdem daß die Oberlausitz nicht sehr bedeutend über die Meeresfläche sich erhebt, als ein ziemlich rauhes und keineswegs als ein dem Ackerbau besonders günstiges bezeichnet werden. Wenige Gegenden Deutschlands, in welchen der Ackerbau allgemein betrieben wird, mögen so sehr von starken Winden heimgesucht werden, wie es in der Oberlausitz der Fall ist; diese verhindern die Bildung eines regelmäßigen Niederschlages der Feuchtigkeit und so auch die günstige Wirkung des Gipses überhaupt; die Winde trocknen sehr schnell die Ackerkrume, wenigstens an der Oberfläche aus und der Gips wird aus diesem Grunde völlig unwirksam, selbst wenn auch sonst während des Sommers die hinreichende Feuchtigkeit in regelmäßiger Vertheilung mit dem Erdboden in Berührung käme; hiervon zeigt sich aber gewöhn=

lich gerade das Gegentheil, denn es findet in der Oberlausitz kein regelmäßiger Niederschlag der Feuchtigkeit statt, theils leidet diese Gegend überhaupt während des Sommers an Trockenheit und deswegen auch an einem verhältnißmäßig schwächeren Wachsthum der Blattfrüchte oder der Futterkräuter, theils ist der Regen, welcher von Zeit zu Zeit und in einzelnen Jahren sogar in bedeutender Menge niederfällt, fast ausschließlich ein Gewitterregen, welcher plötzlich eine große Menge von Wasser dem Erdboden zuführt und dann oft eine starke Erniederung der Lufttemperatur zur Folge hat, alles Thatsachen und Erscheinungen, welche das fast durchgängig in diesen Gegenden beobachtete indifferente oder doch wenig günstige Verhalten des Gipses erklären, wozu noch kommt, daß der Cultur- und Kraftzustand des Bodens im Allgemeinen nur als ein mittlerer betrachtet werden kann und namentlich der Humusgehalt desselben nur unbedeutend ist.

Nachdem ich nun diese der Praxis entnommenen Thatsachen und Beobachtungen vorausgeschickt habe, kann ich, auf dieselben mich stützend, den Versuch machen, eine mit der Erfahrung in Einklang stehende Theorie des Gipsens aufzustellen; ich bemerke im Voraus, daß es nicht meine Absicht ist, eine historische Entwicklung der verschiedenen Theorien des Gipsens zu geben, welche in älterer, wie in neuerer Zeit mit mehr oder weniger Geist und Sachkenntniß aufgestellt worden sind, und theils mit der Entwicklung der Wissenschaft überhaupt ihre Widerlegung gefunden haben, theils aber auch noch gegenwärtig einer größeren oder geringeren Verbreitung und Beistimmung sich zu erfreuen haben. Versuch einer Theorie des Gipsens.

Bei allen Düngmitteln, welche im Allgemeinen günstig auf das Wachsthum der Pflanzen einwirken oder nur unter besonderen Umständen auf einzelne Pflanzen diesen Einfluß äußern, können wir zunächst die Frage aufwerfen: Ist die Wirkung des Düngmittels eine direkte oder indirekte, hat die Substanz ein unmittelbares Ernährungsvermögen für die Pflanze, wird dieselbe unverändert von der Pflanze aufgenommen und verarbeitet, oder müssen andere chemische Prozesse dieser Aufnahme vorangehen, oder wird nur ein Bestandtheil des Düngmittels zur Erzeugung der vegetabilischen Masse verwendet, oder endlich besteht die günstige Wirkung des angewendeten Stoffes nur darin, daß der letztere die Aufnahme von anderen Nahrungsmitteln durch die Pflanze, sei es aus der Luft oder dem Erdboden, vermittelt und befördert? Die

Lösung dieser Frage muß uns auch hier zunächst beschäftigen, wo wir die Ursache der Wirkung des Gipses ergründen wollen.

Die Frage, ob der Gips oder schwefelsaure Kalk als solcher in den Organismus der Pflanze übergehe, läßt sich mit Leichtigkeit beantworten, indem wir nur die analytischen Resultate der Untersuchung der Asche vom gegipsten und vom nicht gegipsten Klee, unter Beobachtung der absoluten in einer bestimmten Kleeernte enthaltenen Aschenmenge, mit einander zu vergleichen brauchen. Die für eine solche Vergleichung nöthigen Vorlagen findet man in dem Folgenden mitgetheilt. Es beziehen sich diese von Boussingault ausgeführten Analysen auf die Asche des zu Bechelbronn im Elsaß vor und nach dem Gipsen geernteten Klees, und zwar aus den beiden Jahrgängen 1841 und 1842, von denen der erstere überhaupt in der angeführten Gegend durch den Reichthum seiner Ernten sich auszeichnete, während der andere durch seine Erträge wenig befriedigte. Es sind hier die analytischen Resultate nach Abzug der Kohlensäure und der Kohle, die sich der Verbrennung entzogen hatte, auf 100 Theile berechnet worden.

Analysen der Asche vom gegipsten u. ungegipsten Klee.

Bestandtheile der Asche.	Ernte von 1842.		Ernte vom 1841.	
	Nicht gegipst.	Gegipst.	Nicht gegipst.	Gegipst.
Chlor	4,1	3,8	3,3	3,0
Phosphorsäure	9,7	9,0	7,1	8,2
Schwefelsäure	3,9	3,4	3,1	3,2
Kalk	28,5	29,4	33,2	36,7
Talkerde	7,6	6,7	7,3	10,2
Eisenoxyd, Manganoxyd, Thonerde	1,2	1,0	0,6	Spuren
Kali	23,6	35,4	29,4	34,7
Natron	1,2	0,9	2,9	0,3
Kieselerde	20,2	10,4	13,1	3,7
	100,0	100,0	100,0	100,0

Aus der Analyse ergiebt sich nicht unmittelbar, auf welche Weise die in der Pflanze aufgefundenen Körper mit einander verbunden sind; wenn man aber auch annimmt, was übrigens durch Nichts bewiesen wird, daß sich alle Schwefelsäure in der Pflanze als schwefelsaure Kalkerde befinde, so würde, in Folge der angegebenen Analysen, die Asche des Klees vor dem Gipsen 6 Proc., nach dem Gipsen aber 5,7 Proc. schwefelsaurer Kalkerde enthalten. Da man nun bei dieser Art von Untersuchungen einen Unterschied von $^3/_{1000}$ füglich unberücksichtigt lassen kann, so darf man annehmen, daß in beiden Aschen das procentische Verhältniß der schwefelsauren Kalkerde dasselbe ist. Uebrigens gewähren diese Analysen für die Beantwortung der hier in Rede

stehenden Frage wenig Aufschluß; damit sie zu einem Schlusse führen können, muß man bei der Betrachtung jener analytischen Resultate noch zwei andere Punkte berücksichtigen, einmal die Menge der von einem gegebenen Gewichte des geernteten Futters gelieferten Asche, und sodann die Menge des von einer bestimmten Bodenfläche vor und nach dem Gipsen gewonnenen Ertrages. Den Beobachtungen zufolge kann man annehmen, daß in der angegebenen Gegend des Elsaß zwei Hiebe des gegipsten Klees (also in dem zweiten Jahre seines Wachsthums) jährlich durchschnittlich 5000 Kil. trocknes Futter vom Hectare liefern. Dieselbe Oberfläche gab vor dem Gipsen, also in dem ersten oder in demselben Jahre, wo der Klee unter das Getreide gesäet worden war, einen Hieb von 1100 Kil. Der getrocknete Klee lieferte in 100 Theilen an Asche, nach Abzug der Kohlensäure, folgende Aschenmengen:

Nicht gegipster Klee,	1841 . . .	10,3 Proc.	Vom Hectare	113 Kil.
desgleichen	, 1842 . . .	8,8 „	„ „	97 „
Gegipster Klee,	. 1841 . . .	5,4 „	„ „	270 „
desgleichen ,	. 1842 . . .	5,6 „	„ „	280 „

Man ersieht aus den Aschenprocenten, worauf ich hier nur beiläufig aufmerksam machen will, daß in der Jugend der Pflanze eine verhältnißmäßig größere Menge von Mineralstoffen in derselben vorhanden ist, als in dem Zustande der weiteren Entwicklung, ohne jedoch daß später, bei der Zunahme der vegetabilischen Substanz, in der procentischen Zusammensetzung der Asche eine wesentliche Veränderung stattfände. Unter Berücksichtigung der angeführten Zahlenverhältnisse berechnen sich nun die in dem auf einem Hectare geernteten Klee enthaltenen Mineralsubstanzen, wie folgt:

Bestandtheile.	Jahrgang 1841.		Jahrgang 1842.	
	Nicht gegipst	Gegipst.	Nicht gegipst.	Gegipst.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.
Chlor	4,6	10,3	3,0	8,4
Phosphorsäure	11,0	24,2	7,0	22,9
Schwefelsäure	4,4	9,2	3,0	9,0
Kalk	32,2	79,4	32,2	102,8
Talkerde	8,6	18,1	7,1	28,5 (Talkerde und Eisenoxyd etc. zusammen)
Eisenoxyd, Manganoxyd und Thonerde	1.4	2,7	0,6	
Kali	26,7	95,6	28,6	97,2
Natron	1,4	2,4	2,8	0,8
Kieselerde	22,7	28,1	12,7	10,4
	113	270	97	280

Der Gips kann als solcher nicht von der Pflanze aufgenommen werden.

Man sieht, daß der Boden während der drei Monate, welche dem Gipsen folgten, der Pflanze beträchtliche Mengen mineralischer Substanzen hat liefern müssen. Bei den gegipsten Ernten ist die Menge dieser Substanzen gegen die zur Zeit des Gipsens verdoppelt und verdreifacht. Die Kieselerde allein scheint eine Ausnahme zu machen, und nur von der jungen Pflanze aufgenommen zu werden. Kali und Kalk sind Basen, welche in einem sehr großen Verhältnisse an der mineralischen Zusammensetzung der Pflanze Antheil nehmen; ganz besonders ergiebt sich aber aus der obigen Zusammenstellung, daß der Kalk, welcher von dem Gipsen an von der Pflanze aufgenommen wurde, keineswegs der Schwefelsäure entspricht, welche während derselben Zeit assimilirt wurde. Der Ueberschuß von Säure und Kalk, welchen die Aschen des gegipsten gegen den ungegipsten Klee zeigen, ist für:

1841	an Schwefelsäure	4,8,	an Kalkerde	47,2 Kil.
1842	" "	6,0	" "	70,6 "

Wenn man also auch annimmt, daß die seit dem Gipsen aufgenommene Schwefelsäure einzig und allein in Verbindung mit Kalkerde hinzugetreten sei, so findet man:

1841	hat die gegipste Ernte aufgenommen	8,2 Kil.	schwefels. Kalk;
1842	" " " " "	10,2	" " "

Es ist also keinem Zweifel unterworfen, daß die günstige Wirkung des Gipses auf die Vegetation der Hülsenfrüchte in einer anderen Ursache zu suchen sei, als in seiner direkten Ernährungsfähigkeit für diese Pflanzen; denn die verschwindende Menge von 8 bis 10 Kil. an Gips, die möglicherweise, aber keineswegs wahrscheinlicherweise, auf der Fläche eines ganzen Hectare von den Pflanzen direkt aus dem Boden können aufgenommen worden sein, beweist vollkommen die Wahrheit dieser Behauptung.

Ob ein Bestandtheil des Gipses direkt zur Ernährung der Pflanze wesentlich beitrage.

Verfolgen wir weiter die hier zu erforschende Ursache der Wirkung des Gipses, so liegt nunmehr die Frage nahe, ob nicht wenigstens ein Bestandtheil des Gipses als direkter Nahrungsstoff für die Pflanze verwendet werde? Der Gips ist eine chemische Verbindung von Schwefelsäure mit Kalkerde. Die erstere Substanz ist, wie wir gesehen haben, wenigstens in der Asche des Klees in so geringer Menge vorhanden, daß dieser Bestandtheil des Gipses hier unmöglich wirksam sein kann, namentlich wenn man bedenkt, daß so geringe Mengen von Schwefel-

säure, wie sie hier für das Gedeihen des Klees erforderlich zu sein scheinen, bei einer in der Natur so verbreiteten Substanz, überall in jeder Ackerkrume zur Genüge schon im Voraus vorhanden sein müssen. Daß bei dem Einäschern der vegetabilischen Masse ebenfalls nicht bedeutende Mengen an Schwefel der Analyse können entgangen sein, das ergiebt sich aus der direkt angestellten Prüfung des Kleeheus, in welchem nämlich 3 Tausendtheile Schwefelsäure gefunden wurden, während die Analyse der Asche 2,8 Tausendtheile lieferte. Ebenso beweisen zahlreiche Untersuchungen, daß die Hülsenfrüchte keineswegs besonders reich sind an Schwefel, sondern in dieser Hinsicht von vielen anderen Pflanzen übertroffen werden. Zum näheren Verständniß und zum Beweise dieser Behauptung theile ich hier den Schwefelgehalt einiger der bekannteren Culturpflanzen mit; diese Gehaltsangaben beziehen sich auf 100 Theile der bei 100° getrockneten vegetabilischen Substanzen:

Lolch (Lolium perenne) enthielt in 100 Th.	0,310	Proc.	Schwefel
Rother Klee	0,107	„	„
Weißer Klee	0,099	„	„
Luzerne	0,293	„	„
Wicken	0,178	„	„
Nierenkartoffeln	0,094	„	„
Kraut derselben	0,389	„	„
Früchte derselben	0,071	„	„
Runkelrüben	0,058	„	„
Kraut derselben	0,502	„	„
Weizenstroh	0,213	„	„
Gerste	0,066	„	„
Gerstenstroh	0,390	„	„
Erbsen	0,158	„	„
Erbsenstroh	0,214	„	„

Bedeutung der Kalkerde im Gipse für die Theorie der Wirkung des letzteren.

Es bleibt also nur der Kalk des Gipses übrig als direkt ernährender Bestandtheil dieses Düngmittels, wenn man dessen Hauptwirkung überhaupt in der direkten Aufnahme eines Bestandtheiles desselben durch die Pflanze suchen und begründet wissen will. Es fällt sogleich in die Augen, daß der Gips namentlich auf solche Pflanzen günstig wirkt, welche in ihrer Asche eine besonders große Menge von Kalkerde enthalten und es liegt die Vermuthung nahe, daß dieser Stoff

es sei, dessen Gegenwart die oft so auffallende Wirkung des Gipses erkläre. Untersuchen wir nun, ob diese Ansicht die richtige ist.

Daß der Gips, bei Gegenwart von Wasser und von kohlensauren Alkalien, eine Umwandlung in kohlensauren Kalk erleiden könne, habe ich bereits oben angedeutet; daß diese Umwandlung in der Ackerkrume, unter den geeigneten Verhältnissen wirklich erfolge, ist keinem Zweifel unterworfen; und daß endlich der aus dem Gips entstandene kohlensaure Kalk zum Theil wirklich von der sich entwickelnden Pflanze aufgenommen und verarbeitet werde, ist wohl mehr als wahrscheinlich, wenigstens steht dieser so natürlichen Vermuthung durchaus Nichts entgegen; — eine ganz andere Frage aber ist es, ob in dieser Umwandlung und Aufnahme die Hauptursache der Wirkung des Gipses zu suchen, oder ob jener Prozeß nicht vielleicht ganz unwesentlich sei bei der Rolle, welche der Gips in der Vegetation gewisser Pflanzen zu spielen scheint. Ich bin der letzteren Ansicht und führe zur Unterstützung derselben die folgenden Gründe an.

Mengenverhältniß der von dem Klee aufgenommenen und der im Boden enthaltenen Kalkerde.

Die Kleeernten werden unter sehr günstigen äußeren Umständen durch die Anwendung des Gipses beinahe verdoppelt; in den eben vorher angeführten Beispielen betrug der Beobachtung zufolge im Elsaß der Jahresertrag von zwei Schnitten des im Frühjahr gegipsten Klees 5000 Kil. auf 1 Hectare; dieser Klee war gewachsen auf einem Boden, der an sich offenbar schon kleefähig war, denn dieselbe Fläche hatte bereits im ersten Jahre der Kleesaat einen Schnitt von 1100 Kil. geliefert; es ist hieraus zu entnehmen, daß der Ertrag im zweiten Jahre durch die Aufbringung des Gipses höchstens um 2000 Kil. an Dürrfutter vermehrt worden ist, daß also ohne Gips auf derselben Fläche wenigstens 3000 Kil. Kleeheu geerntet worden wären. Jene 2000 Kil. des Mehrertrages an Kleeheu enthalten aber durchschnittlich etwa 40 Kil. Kalkerde, welche also in Folge des Gipsens dem Boden mehr entzogen wurden, als es sonst der Fall gewesen sein würde. Als Dünger aber wurde hier reichlich 400 Kil. Gips angewendet, welche ungefähr 160 Kil. Kalkerde enthalten, so daß also in diesem Falle nur der vierte Theil an Kalkerde aus dem Gipse in die Pflanze übergegangen wäre. Es fragt sich nun aber, ob der Mehrgehalt des Bodens an 40 Kil. Kalkerde die Mehrerzeugung von 2000 Kil. trockner oder von 8000 Kil. grüner vegetabilischer Masse zu bewirken im Stande sei, und ferner ob die aus dem Gipse abgeschiedene kohlensaure Kalkerde

denn ganz andere chemische und physikalische Eigenschaften besitze als der bereits in dem Boden enthaltene oder durch animalischen Dünger, Mergel und gebrannten Kalk in den Boden hineingebrachte kohlensaure Kalk. Beide Fragen muß man ohne Zweifel mit Nein beantworten. Es ist in der That leicht nachzuweisen, daß eine jede Ackerkrume, wenn man auch die allerärmste an Kalk nimmt, dennoch so viel Kalkerde enthalten muß, daß dieser Gehalt ausreichen wird, Hunderttausende Kilogramme von Klee mit der erforderlichen Quantität an Kalk zu versorgen, und daß der Mangel an dieser Substanz auf einem seit längerer Zeit in Cultur befindlichen Lande kaum jemals die direkte Ursache sein kann von einer Verminderung der Kleeproduction. Nicht allein, daß eine jede Ackerkrume stets, wenn sie nicht reiner Flugsand ist, eine größere oder geringere Menge von Kalk unter ihren Bestandtheilen enthält, sondern es muß sogar dieser Gehalt bei der Cultur fortwährend an Menge zunehmen, denn wir bringen, selbst bei alleiniger Düngung mit unserem gewöhnlichen Stall- und Hofmiste, immer und unter allen Verhältnissen eine bedeutend größere Quantität an Kalk in den Boden hinein, als demselben auch durch die üppigsten Ernten wieder entzogen werden kann. Eher wäre noch ein Sinn darin, wenn man die etwaige Abnahme des Kleeertrages auf einem Boden in einer Verminderung von dessen Gehalte an Kali und Phosphorsäure suchen wollte, Substanzen, von denen namentlich die erstere in ebenso großer Quantität, als die Kalkerde, von der Kleepflanze absorbirt wird, dagegen bekanntlich nicht so reichlich wie diese in dem Boden vorhanden ist und auch durch die Gipsdüngung durchaus nicht wieder in den Boden hineingebracht wird.

Gleiche Eigenschaften des aus dem Gips entstandenen und des im Kalkstein oder Mergel enthaltenen kohlensauren Kalkes.

Noch weniger, als in dem Gehalte des Gipses an Kalkerde, kann man die günstige Wirkung dieses Minerals auf das Gedeihen der Hülsenfrüchte darin begründet glauben, daß der aus dem Gips unter Umständen gebildete kohlensaure Kalk vor dem auf irgend eine andere Weise entstandenen kohlensauren Kalke hinsichtlich seiner Ernährungsfähigkeit für die Pflanze wesentliche Vortheile haben sollte. Der aus dem Gipse entstandene kohlensaure Kalk befindet sich freilich in dem Zustande außerordentlich feiner Zertheilung und muß daher leicht von dem kohlensauren Wasser im Erdboden aufgelöst und in die Pflanze übergeführt werden; das kohlensaure Wasser aber sättigt sich ebenso vollständig mit Kalk, wenn es mit dem Kalke des Kalksteins oder des Mergels in Berührung sich befindet, und die Auflösung des kohlen-

sauren Kalkes, welche in die Pflanze übergeht, muß begreiflicherweise ganz und durchaus dieselben Eigenschaften besitzen, einerlei ob der in Auflösung vorhandene Kalk aus dem Gipse herrührt oder schon ursprünglich, vor der Aufbringung des Gipses, in dem Erdboden vorhanden war.

Der Gips äußert auch auf kalkhaltigem Boden einen günstigen Einfluß.

Wir können aber auch aus noch anderen Ursachen dem aus dem Gips gebildeten kohlensauren Kalke keinen wesentlichen Einfluß auf die Production der vegetabilischen Masse zuschreiben, weil nämlich der Gips gerade oft auf kalk- und mergelhaltigem, ja selbst auf reinem humusreichem Kalkboden den besten Erfolg zeigt für die Vegetation des Klees, welche Thatsache bei jener Annahme ganz unerklärlich sein würde. Endlich spricht auch gegen die Bedeutung des kohlensauren Kalkes in diesem Falle die Erscheinung, daß es noch andere Pflanzen giebt, welche eine fast ebensogroße Menge Kalk dem Boden entziehen, ohne daß man bei deren Cultur wesentliche Vortheile von der Gipsdüngung hätte beobachten können, wie z. B. Raps, Hanf und Tabak.

Der Gips kann im Innern der Pflanze nicht in bedeutender Menge zersetzt werden.

Es ist in neuerer Zeit auf eine Ansicht einiges Gewicht gelegt worden, nach welcher der Gips auf die Weise von der Pflanze verarbeitet wird, daß vorher im Erdboden oder sogar in der Pflanze selbst eine Reduction zu Schwefelcalcium vorausgeht, welches sodann durch die Kohlensäure zersetzt werden soll, so daß der Schwefel als Schwefelwasserstoff ausgeschieden, der Kalk dagegen in der Pflanze zurückgehalten wird. Diese Idee stützt sich auf einen von Schulze ausgeführten Versuch, in welchem eine Kleepflanze, mit ihren Wurzeln in eine klare Auflösung von Gips gestellt, diese Flüssigkeit nach und nach absorbirte, ohne daß der Rückstand sich trübte, und woraus man schloß, daß der Gips im unzersetzten Zustande in die Pflanze übergehe, hier aber die so eben angedeutete Veränderung und Zersetzung erleide. Es wird kaum nöthig sein, etwas zur Widerlegung einer Ansicht, welche auf so unsicheren Beobachtungen und Hypothesen beruht, anzuführen. Man sieht leicht ein, daß unmöglich die Beobachtung des Verhaltens einer Pflanze wie der Klee, gegen eine reine Gipslösung irgendwie einer Theorie zum Grunde gelegt werden kann; denn die hier eintretenden Erscheinungen können niemals als Norm gelten für die Beurtheilung des Verhaltens der Pflanze auf ihrem natürlichen Standpunkte, und unter Verhältnissen, wie sie zu ihrem Gedeihen erforderlich sind. Außerdem können Versuche mit Pflanzen in Flüssigkeiten, in welchen sie nicht

von dem Keime an gewachsen sind, nie zu sicheren Resultaten führen, da es nicht möglich ist, die Wurzeln im völlig unverletzten Zustande zu erhalten, so daß also oft Erscheinungen der Vegetationskraft zugeschrieben werden, während sie doch nur Folge der einfachen mechanischen Auffaugung durch die abgebrochenen und zerrissenen Wurzeln sind. Wie man ferner die Reduction des Gipses im Innern der Pflanze, und sodann die Zersetzung des Schwefelcalciums und die Ausscheidung des Schwefels in gasförmigen Verbindungen mit den übrigen in der Pflanze auftretenden Prozessen vereinigen und überhaupt nur als möglich nachweisen will, das bin ich nicht im Stande zu begreifen. Ich will gerne zugeben, daß die Pflanze im Stande sei, aus der Phosphorsäure und aus der Schwefelsäure den Phosphor und den Schwefel sich anzueignen in sofern, als diese einfachen Stoffe mit anderen Elementen zu der Erzeugung bestimmter organischer Verbindungen zusammentreten. So könnte möglicherweise auch aus dem Gipse ebensogut, wie aus jedem anderen schwefelsauren Salze dieser Schwefel in den Organismus der Pflanze übergehen, aber ganz unwahrscheinlich würde es sein, wenn man eine solche Abscheidung für die ganze Menge des in der Pflanze enthaltenen Kalkes annehmen wollte, da einmal dieser Kalk in der geeigneteren Verbindung mit Kohlensäure in völlig genügender Menge und mit der größten Bequemlichkeit direkt aus dem Boden in die Pflanze übergehen kann, und außerdem eine Ausscheidung des Schwefels als Schwefelwasserstoff gar nicht denkbar ist, weil diese Verbindung in dem Momente ihres Entstehens sofort durch den unter dem Einfluß des Tageslichtes in der Pflanze sich ausscheidenden Sauerstoff wiederum oxydirt werden und im Innern der Pflanze oder an deren Außenseite zu der Ablagerung beträchtlicher Mengen von Schwefel Veranlassung geben müßte.

Ob aus Bodenanalysen die Ursache der Wirkung des Gipses sich ergiebt.

Ehe ich auf die Theorie des Gipses näher eingehe, welche mir am meisten mit der Erfahrung in Einklang zu stehen scheint, will ich noch die Resultate einiger Untersuchungen mittheilen, welche angestellt wurden, um vielleicht mit Hülfe von genauen Bodenanalysen über die räthselhafte Wirkung des Gipses Aufklärung zu erhalten. Anderson untersuchte eine Bodenart Schottlands, auf welcher der Klee ein gutes Aussehen und Wachsthum hatte und der gänzlich aus einem verwitterten und zu Tage ausgehenden Kohlenschiefer bestand und bereits seit längerer Zeit in Cultur sich befand. Zur Vergleichung mag hier auch die Analyse des unverwitterten Schiefers mitgetheilt werden, der eine

dunkel- bis hellbraune Farbe besaß, milde und sehr bröcklich war und an der Luft schnell in kleine flache Fragmente zerfiel. Nr. 1 giebt die Zusammensetzung des unveränderten Schiefers, Nr. 2 diejenige des aus dem Schiefer entstandenen fruchtbaren Ackerbodens:

	1.	2.
Organische Substanz .	6,526	6,65
Eisenoxyd	4,248	4,69
Thonerde	1,740	1,84
Kalkerde	2,268	0,33
Magnesia	Spur	0,27
Schwefelsäure . . .	0,400	0,01
Phosphorsäure . . .	0,042	0,14
Kohlensäure	0,560	Spur
Kali	0,329	0,24
Natron	0,121	0,02
Unlösliche Silikate . .	84,170	85,93
Auflösliche Kieselsäure .	=	0,02
	100,404	100,14

Beide Proben sind wesentlich verschieden durch ihren Gehalt an Kalk und Schwefelsäure, deren Gehalt in dem cultivirten Boden weit geringer ist als in dem Schiefer selbst; ebenso bemerkt man in dem ersteren weniger Alkali, dagegen mehr Magnesia und Phosphorsäure. Angenommen, daß die ganze Menge der Schwefelsäure als Gips zugegen ist, so würden 0,68 Proc. Gips in dem rohen Schiefer enthalten sein und also, da die Ackerkrume eines Hectare, 6 Zoll tief, ungefähr 2,470000 Kil. wiegt, im Ganzen 16800 Kil., dagegen in dem cultivirten Schiefer wenig mehr als 350 Kil. Gips auf der Fläche eines Hectare den Pflanzen zugänglich sein. Es sind ebenfalls von Anderson zwei andere Bodenarten untersucht worden, von denen die eine als Thonboden, die andere als schwarzes humusreiches Land bezeichnet wird; auf beiderlei Feldern gedieh der Klee theils gut, theils schlecht. Es wurden die Proben zur Analyse von beiden Feldern, sowohl von dem das Wachsthum des Klees fördernden Theile (b), als auch von der Parzelle genommen, auf welcher er fehlschlug (a).

	1. a.	1. b.	2. a.	2. b.
Lösliche Kieselsäure	0,08	0,02	Spur	0,334
Eisenoxyd	4,45	6,68	5,605	2,423
Eisenoxydul	„	„	„	2,752
Thonerde	2,40	3,00	3,911	2,454
Kalk	1,23	1,33	0,849	0,702
Magnesia	0,45	0,25	0,277	0,234
Kali	0,20	0,22	0,550	0,533
Natron	0,07	0,09	Spur	0,128
Schwefelsäure	0,05	0,08	0,096	0,154
Phosphorsäure	0,38	0,07	0,213	0,255
Kohlensäure	0,09	0,34	0,179	Spur
Chlor	Spur	Spur	„	„
Organische Substanz . . .	4,12	4,14	4,275	3,411
Wasser	2,54	2,52	3,252	3,250
Unlösliche Silikate	83,90	81,34	81,012	83,222
	99,96	100,08	100,219	99,852
In Wasser auflösliche Stoffe .	0,75	0,73	1,337	1,203
Hierin unorganische Substanz .	0,44	0,46	0,472	0,587
organische Substanz .	0,31	0,27	0,865	0,666
Stickstoffgehalt	0,15	0,15	0,209	0,209
Humussäure	0,42	0,43		
Humin	„	0,10		

Diese Analysen geben nicht die geringste Aufklärung über die Ursache der beobachteten Erscheinung, vielmehr scheinen sie zu beweisen, daß in diesem Falle das Mißrathen des Klees nicht von der chemischen Constitution des Bodens herrühren konnte; wahrscheinlich aber steht dasselbe mit einer abweichenden physikalischen Beschaffenheit der Ackerkrume und besonders des Untergrundes in nahem Zusammenhange, worüber jedoch keine näheren Mittheilungen vorliegen.

Vermittelnde Wirkung des Gipses bei der Ernährung der Pflanzen.

Es ist, nach dem Vorhergehenden, durchaus kein genügender Grund zu der Annahme vorhanden, daß der Gips als solcher oder, nachdem er irgend eine Umänderung erlitten hätte, wesentlich zur Vermehrung der Ernten der Hülsenfrüchte beizutragen vermöchte; der aus dem Gips entstandene kohlensaure Kalk kann allerdings ganz oder theilweise von der sich entwickelnden Pflanze aufgenommen werden,

diese Aufnahme ist aber die Folge der Entwicklung, nicht die Ursache derselben. Es ist vielmehr, wie ich glaube, kaum zweifelhaft, daß die günstige Wirkung des Gipses bei der Cultur gewisser Pflanzen nur durch die Fähigkeit dieses Düngmittels hervorgebracht werde, den leichteren Uebergang der in der umgebenden Atmosphäre, wie auch im Erdboden schon vorhandenen Nahrungsstoffe in die Pflanze und die Aufnahme größerer Mengen jener direkt ernährenden Substanzen zu vermitteln.

Verhalten der Gipslösung gegen das kohlensaure Ammoniak.

Ein Theil Gips ist auflöslich in 460 Theilen Wasser; tritt diese Gipslösung in Berührung mit kohlensaurem Ammoniak, so bildet sich ein fein pulverförmiger Niederschlag von kohlensaurer Kalkerde und in der Auflösung bleibt das Alkali an Schwefelsäure gebunden zurück. Verdampft nun das auflösende Wasser so weit, bis ein noch feuchtes pulveriges Gemenge von kohlensaurem Kalke und schwefelsaurem Ammoniak zurückbleibt, so wird man nun wiederum die Entstehung von kohlensaurem Ammoniak wahrnehmen, welches mit den entweichenden Wasserdämpfen ebenfalls sich verflüchtigt. Dieser doppelte chemische Prozeß muß nothwendig in der Ackerkrume bei Gegenwart von schwefelsaurem Kalke stattfinden, wie sich auch leicht durch bekannte Thatsachen und direkte Versuche nachweisen läßt.

Absorption des atmosphärischen Ammoniaks durch die Gipslösung.

Läßt man ein Stück Gips längere Zeit den Einflüssen der Atmosphäre und der Witterung ausgesetzt liegen, so überzieht sich die Oberfläche mit einer dünnen, allmählig immer stärker werdenden Schicht von kohlensaurem Kalke, welcher hier nur auf die Weise hat gebildet werden können, daß das atmosphärische kohlensaure Ammoniak, im Regenwasser oder im Thau aufgelöst, in schwefelsaures Ammoniak sich verwandelte, welches leicht ausgewaschen wurde, während der unlösliche kohlensaure Kalk zurückblieb. Zur weiteren Aufklärung dieses Gegenstandes habe ich folgenden Versuch angestellt: es wurden Samen verschiedener Pflanzen in kiesigen Sand gebracht, welcher vorher auf einem Beete mit gewöhnlicher Holzasche gemischt worden war, auf dem anderen aber mit Holzasche, die vor ihrer Anwendung mittelst Schwefelsäure neutralisirt worden war; die Pflanzen entwickelten sich auf dem zweiten Beete bedeutend besser als auf dem ersteren, und zwar bis zur völligen Reife: bei der Cultur des Sommerroggens verhielt sich die Menge der auf dem ersteren Beete producirten vegetabilischen Masse zu der auf dem anderen erzeugten, genau wie 2 zu 3 und ähnlich war das Verhältniß bei dem Hafer und der Gerste; natürlich

war aus leicht begreiflichen Ursachen die Ueppigkeit der Entwicklung dieser Pflanzen nicht so bedeutend, wie in der gewöhnlichen humosen Ackerkrume; dahingegen war das Wachsthum des Spergels, einer Pflanze, welche bekanntlich mit sehr sandigem und magerem Boden fürlieb nimmt, ebenso üppig wie auf dem Felde und es verhielt sich in beiden Versuchen die erzeugte vegetabilische Masse beim Heu wie 18 zu 33, im Samen wie 8 zu 13; also ungleich besser hatten die Pflanzen in dem Terrain sich entwickelt, welches keine kohlensauren Salze, dagegen viel Gips enthielt, als auf dem Boden, der reich war an kohlensauren Verbindungen. Die von beiden Proben des Spergels untersuchte Asche hatte qualitativ, wie quantitativ genau dieselbe Zusammensetzung, es war in dem einen Falle nicht mehr Schwefelsäure in die Zusammensetzung der Pflanze übergegangen, als in dem anderen Falle. In beiden Fällen mußten also nothwendig die Basen, wie namentlich Kalk und Kali an Kohlensäure gebunden von der Pflanze aufgenommen worden sein; in dem Boden des einen Beetes war nun aber ursprünglich kein kohlensaures Salz vorhanden, es mußte also erst gebildet werden, und dieses konnte, unter den hier vorhandenen Bedingungen, nur mittelst des atmosphärischen kohlensauren Ammoniaks geschehen. Die so auffallende Vermehrung in den Ernteresultaten auf dem einen Beete steht also gewiß in Verbindung mit der Gegenwart einer großen Quantität von Gips und der dadurch erfolgten Aufnahme von kohlensaurem Ammoniak aus der Luft, während das letztere auf dem anderen Beete, in welchem nur Spuren von Gips vorhanden waren, bei weitem nicht in so großer Menge absorbirt und der Pflanze zugeführt werden konnte. Aber auch das aus dem Erdboden bei der Fäulniß organischer Substanzen freiwerdende kohlensaure Ammoniak bewirkt die Umwandlung des schwefelsauren Kalkes in kohlensauren Kalk: in einem Beete wurde von Spatzier auf Pferdemist eine starke Schicht Erde, die bei der Untersuchung völlig frei von kohlensauren Salzen sich zeigte, gebracht und die Oberfläche dieser Erde 1 Linie hoch mit reinem Gips bestreut; Bohnen und Erbsen wuchsen in diesem Beete auf das Ueppigste, und nach 3 Wochen war der größte Theil des Gipses in kohlensauren Kalk umgewandelt; die ganze Erde bis 1/2 Fuß tief brauste mit Säuren, zum Beweis, daß sie kohlensauren Kalk enthielt und nach dem Auslaugen mit kaltem Wasser, Filtriren und Abdampfen der Flüssigkeit hinterließ diese im Rückstand eine nicht unbedeutende Menge von schwefelsaurem Ammoniak.

Bindung des aus dem Erdboden sich entwickelnden Ammoniaks durch die Gipslösung.

Die angeführten Beobachtungen und Versuche beweisen uns die Richtigkeit der Annahme, daß der Gips, bei Gegenwart von Feuchtigkeit, das Ammoniak aus der Atmosphäre zu absorbiren, und das des Erdbodens zurückzuhalten vermag, und ferner, daß durch den schwefelsauren Kalk die Fruchtbarkeit des Bodens für alle Pflanzen gesteigert werde. Betrachten wir zunächst das Verhalten des Gipses gegen das atmosphärische Ammoniak und zwar in seiner Wirkung auf die verschiedenen Pflanzen. Der Gips äußert einen deutlich günstigen Einfluß nur auf die der Familie der Schmetterlingsblüthigen oder der Hülsenfrüchte angehörenden Pflanzen und auch hier nur unter gewissen äußeren Umständen. Diese Thatsache erklärt sich, wie mir scheint, aus der eigenthümlichen organischen Struktur jener Pflanzen und dem daraus resultirenden Verhalten derselben gegen die im Erdboden, wie in der Luft enthaltenen Nahrungsstoffe. Die Blattfrüchte, wie die ökonomische Benennung der hierher gehörenden Gewächse ist, sind bekanntlich ausgezeichnet für den Landmann dadurch, daß sie, anstatt den Boden auszusaugen, denselben in seinem früheren Kraftzustande zurücklassen, ja ihn selbst noch bereichern, vorausgesetzt nämlich, daß nur eine Production im Kraute, nicht zugleich die Samenerzeugung der Zweck der Cultur dieser Pflanzen ist. Es müssen daher diese Pflanzen zur Bildung ihrer Blätter, Blüthen und Stengel nothwendig den größten Theil ihrer Nahrungsstoffe der Atmosphäre entnehmen; diese Fähigkeit ist aber nicht eine den Hülsenfrüchten ausschließlich zukommende Eigenthümlichkeit, sondern es ist dieselbe, nur im geringeren Grade, allen Pflanzen eigen und bei jenen die Folge der mächtigen Entwicklung und der eigenthümlichen Struktur der Blätter; je mehr nämlich diese entwickelt sind, und namentlich je zarter, weicher und fleischiger die Blattsubstanz selbst ist, um so mehr sind die Pflanzen im Stande, auf Kosten der in der Atmosphäre enthaltenen Nahrungsstoffe sich zu entwickeln, um so weniger erschöpfen sie den Boden. Ohne auf dieses Verhalten näher einzugehen, will ich nur daran erinnern, daß der Klee vor allen Gewächsen, die im Großen angebaut werden, bei weitem die mächtigste Blattbildung besitzt, daß ihm also auch vor allen andern Pflanzen die Fähigkeit zukommt, seine Nahrungsstoffe der umgebenden Atmosphäre zu entziehen; dem Klee zunächst, hinsichtlich der Entwicklung und der Zartheit ihres Blattorganes, stehen die Erbsen und auch diese erschöpfen den Boden nicht bedeutend, natürlich unter der Bedingung, daß sie noch grün, zur Zeit der anfangenden Blüthe gemäht und also als Grünfutter

Ursache des günstigen Einflusses der Gipsdüngung auf die Leguminosen.

Durch Struktur und Ausdehnung der Blätter begünstigte Aufnahme der atmosphärischen Nahrstoffe.

angebaut werden; ihnen durchaus ähnlich verhält sich die Esparsette und die Luzerne; die Wicke ist schon in geringerem Grade ausgezeichnet durch den Umfang, die Menge und die Saftigkeit ihrer Blätter, sie wird also auch schon etwas weniger schnell die atmosphärischen Nahrungsstoffe sich anzueignen im Stande sein; die Bohnen, namentlich die Saubohne, haben eine beträchtlich geringere Blattbildung, und da sie stets zur Gewinnung der Früchte angebaut werden und deren in der Regel eine bedeutende Menge sich entwickeln, so ist es natürlich, daß diese Pflanzen den Erdboden von allen Hülsenfrüchten am meisten aussaugen, und überhaupt den kräftigsten Boden verlangen. Der Raps, der Senf, wie die verschiedenen Hackfrüchte haben in ihren Blättern bei weitem nicht die Fähigkeit, wie namentlich der Klee, aus der Luft die nöthigen Nahrungsstoffe in sich aufzunehmen, theils wegen der bedeutend geringeren Blattbildung überhaupt, theils weil die Blätter der angeführten Pflanzen auch in ihrer organischen Struktur ein Hinderniß für diese Aufnahme finden. Der Buchweizen ferner ist eine Pflanze, die, wenn auch keineswegs in der Zahl der Blätter, so doch hinsichtlich ihrer Saftigkeit und Zartheit dem Klee nahe steht, und dieses Gewächs zieht auch offenbar eine große Menge seiner Nahrungsstoffe aus der Luft, es nimmt bekanntlich auf einem sehr mageren Boden fürlieb, wenn nur demselben ein hoher Grad von Auflockerung und Porosität eigen ist; wenn der Buchweizen als Grünfutter angebaut und vor der Reife abgehauen wird, so wird er den Boden im unerschöpften Zustande zurücklassen. Die Halmfrüchte endlich verhalten sich völlig umgekehrt, wie der Klee, sie können fast gar keine Nahrungsstoffe der Atmosphäre entziehen, wegen der geringen Flächenausdehnung ihrer Blätter und weil diese eine trockene, harte Beschaffenheit haben, welche den Zutritt der Atmosphäre ins Innere der Pflanze zum großen Theile verhindert; diese Gewächse müssen fast die ganze Quantität der zu ihrem Gedeihen erforderlichen Stoffe dem Boden entziehen, sie erschöpfen den Boden vor allen Culturpflanzen bei weitem am meisten.

Nach diesen Bemerkungen und auf die hier angeführten Thatsachen uns stützend, sind wir nun im Stande die Erscheinungen, welche bei der Gipsdüngung einzutreten pflegen, im Ganzen mit Leichtigkeit zu erklären. Der Gips erleichtert und befördert die Aufnahme des wichtigsten und die Pflanze am meisten zu einer üppigen Entwicklung anregenden Nahrungsstoffes, nämlich des in der Atmosphäre enthaltenen Ammoniaks. Wenn der Gips im Frühjahr auf die jungen, saftigen, Erklärung der Erscheinungen bei der Anwendung des Gipses.

porösen Blätter des Klees ausgestreut wird, entweder nach einem starken Thau oder nach einem milden warmen Regen, so bildet sich auf der Oberfläche der ganzen Pflanze eine dieselbe überziehende Auflösung von Gips, welche wegen ihres starken Anziehungsvermögens zum atmosphärischen Ammoniak, dieses in weit größerer Menge binden und zurückhalten, also den Pflanzen zugänglich machen muß, als wenn dieser Körper nicht zugegen ist. Der Gips aber versagt großentheils seine Wirkung, wenn er bei trockner Witterung ausgestreut wird, denn er kann nicht wirken, ohne daß er in Auflösung vorhanden ist, und dann, wenn die Pflanze an der Oberfläche ganz trocken ist, bleibt auch nur sehr wenig Gips an derselben kleben, je mehr dieses aber der Fall ist, eine um so größere Oberfläche wird er der Atmosphäre dabieten, desto kräftiger wird seine Wirkung sein; ist aber ein zu heftiger Regenguß vorausgegangen, so wird wegen der sehr großen Feuchtigkeit der Gips im aufgelösten Zustande zu schnell in den Boden eindringen und also der Berührung mit der Atmosphäre entzogen werden; dasselbe ist auch der Fall, wenn gleich nach dem Ausstreuen ein sehr starker Regen folgt, welcher den Gips vollständig von den Blättern abspült; ferner muß der Gips bei einer möglichst warmen, milden Luft mit dem Klee in Berührung gebracht werden, denn dann ist einmal der Gehalt der atmosphärischen Luft an Ammoniak am größten und außerdem werden bei einer höheren Temperatur und bei Gegenwart einer mäßigen Feuchtigkeit alle chemischen Prozesse, und so auch die hier innerhalb und außerhalb der Pflanze eintretenden im hohen Grade befördert und beschleunigt. Am günstigsten muß die Wirkung des Gipses dann sein, wenn bei warmen Tagen, während der Nacht eine Thaubildung eintritt, ohne daß zugleich eine zu starke Erniedrigung der Lufttemperatur stattfindet; unter solchen Umständen bleibt der Gips am längsten an Blatt und Stengel haften, er wird abwechselnd in Auflösung gebracht und kann so die größte Menge des atmosphärischen Ammoniaks absorbiren und den Pflanzen zugänglich machen. Es muß aber auch das Ausstreuen des Gipses in der Jugend der Pflanze geschehen, denn die Blätter haben vorzugsweise nur in ihrer zarten Jugend die Fähigkeit die gasförmigen Bestandtheile zu absorbiren, später scheint diese Aufnahme mit dem Zäherwerden der Blattsubstanz abzunehmen, und deswegen auch die vermittelnde Wirkung des Gipses überflüssig zu sein; auch ist es bekannt, daß die Pflanze durch die Gegenwart von ammoniakhaltigen Stoffen im höheren Grade zu einem üppigen Wachsthum angeregt wird, so lange die jugend-

lichen Zellen noch ihre ganze Lebensthätigkeit besitzen. Auch starke austrocknende Winde werden begreiflicherweise die Wirkung des Gipses zum größten Theile aufheben. Es wird also der Gips, nach der hier entwickelten Theorie, nicht auf den Klee und die Hülsenfrüchte allein, sondern auf alle Pflanzen günstig einwirken, denen wie jenen Strukturverhältnisse eigen sind, die namentlich in ihrer ersten Jugend die direkte oder indirekte Aufnahme der Nahrung aus der umgebenden Atmosphäre begünstigen.

Fortsetzung der Erklärung der bei dem Gipsen beobachteten Erscheinungen.

Der Gips hat aber auch noch aus anderen Ursachen eine günstige Wirkung auf das Gedeihen der Gewächse im Allgemeinen, wie einzelner Pflanzen insbesondere. Wenn der Gips wirken soll, so muß bekanntlich der Boden selbst stickstoffhaltige Substanzen enthalten, er muß in Kraft und in Cultur sich befinden und die fruchtbare Ackerkrume eine möglichst große Tiefe besitzen. Es muß also die Möglichkeit gegeben sein, daß auch aus dem Boden eine nicht unbedeutende Menge von Ammoniak sich entwickeln und in die Pflanze übergehen kann; der Gips wirkt nun hier aus dem Grunde günstig, weil ohne denselben vielleicht eine größere oder geringere Menge Ammoniak aus dem Erdboden sich entwickeln könnte, ohne von der Pflanze vollständig absorbirt zu werden, ferner weil es wahrscheinlich ist, daß das Ammoniak durch seine abwechselnde Vereinigung mit Schwefelsäure und dann wiederum mit Kohlensäure mehr geeignet wird, von der sich entwickelnden Pflanze in der ihr zusagenden Form und Menge aufgenommen zu werden, und endlich kann auch der Umstand, daß aus dem Gips der kohlensaure Kalk im feinvertheilten Zustande sich nach und nach abscheidet, zu einer schnelleren Entwicklung der Pflanze beitragen. Die Ursache der Erscheinung, daß allen unseren Erfahrungen zufolge der Boden in Kraft und Dünger sich befinden muß, wenn der Gips irgendwie einen deutlich günstigen Einfluß zeigen soll, die ist nicht direkt in der Gegenwart des Gipses zu suchen, sondern steht zu der Wirkung dieses Düngstoffes in indirekter Beziehung. Wenn nämlich durch das Mittel des Gipses die Aufnahme der atmosphärischen Nahrungsstoffe durch die Pflanze begünstigt wird, so kann diese Aufnahme offenbar nur dann für das Gedeihen der Pflanze vollkommen ersprießlich sein, wenn zu gleicher Zeit und mit jener Absorption Schritt haltend auch aus dem Erdboden durch die Wurzel Nahrungsstoffe in die Pflanze übergehen; während nämlich die Pflanze über der Erde durch Assimilation der atmosphärischen Bestandtheile wächst und gedeiht, so kann sie begreif-

licherweise unter der Erde nur auf Kosten der im Boden enthaltenen ernährenden Substanzen an Umfang und Masse zunehmen, denn hier sind die Wurzeln die Einsaugungsorgane für Luftarten und Flüssigkeiten, ebenso wie die Blätter und Stengel, die sie der Atmosphäre darbieten, aus der letzteren gasförmige Stoffe einzusaugen im Stande sind. Es muß daher hinreichende Kraft im Boden vorhanden sein zur Bildung eines der Blatt- und Stengelmasse entsprechenden Wurzelsystems und also zu diesem Behufe eine um so größere Menge von löslichem Stickstoff aus dem Boden in die Pflanze übergehen können, als diese ihre Wurzelmasse selbst auszudehnen das Bestreben hat, welches bekanntlich dem Klee im hohen Grade eigenthümlich ist. Daß nun trotz der Aufnahme einer nicht unbedeutenden Menge von Stickstoff aus dem Boden dieser durch die Kleecultur nicht ausgesogen, sondern sogar bereichert wird, das beruht darauf, weil in den Wurzeln und den Stoppeln eine größere Menge von pflanzenernährenden Substanzen dem Boden zurückgegeben wird, als ursprünglich zur Bildung der Wurzeln allein verwendet wurde. Dieses ist jedoch nur der Fall, wenn der Klee vor oder zur Zeit der Blüthe gehauen wird, denn nach der Blüthe tritt die Periode ein, in welcher die schon angedeutete Verhärtung und Verdichtung der Blätter und Stengel und in Folge dessen fortwährend eine Verminderung der Aufnahme von Nahrungsstoffen aus der umgebenden Atmosphäre stattfindet; in der Zeit von der Blüthe des Klees und anderer Blattfrüchte bis zur Reife ziehen sich die stickstoffhaltigen Substanzen immer mehr aus der Wurzel in die höheren Theile der Pflanze, um hier zur Frucht- und Samenbildung verwendet zu werden, und immer mehr Ammoniak wird dem Boden entzogen, je mehr die Pflanze dem Zustande der Reife sich nähert und je mehr die Blattorgane an Lebensthätigkeit verlieren. Aus dieser Ursache wird der Samenklee, und noch mehr andere Hülsenfrüchte, welche, wie Erbsen, Wicken u. s. w. zur Samengewinnung gezogen werden, den Boden keineswegs bereichern, sondern im Gegentheil je nach der eigenthümlichen Beschaffenheit der Pflanze und je nach den äußeren Umständen, mehr oder weniger aussaugen und erschöpfen. Es ist gewiß hinsichtlich der Erklärung des Umstandes, daß im Boden selbst pflanzenernährende Kraft zur Unterstützung der Wirkung des Gipses vorhanden sein muß, auch darauf Gewicht zu legen, daß nur bei einem solchen Zustande die außerordentlich bedeutende Kalimenge in einem löslichen Zustande zugegen sein kann, welche nöthig ist, damit die Kleepflanzen zu einem freudigen Wachsthum gelangen können.

Wir haben früher gesehen, in einem wie hohen Grade die Vegetation des Klees gefördert wird durch alleinigen Zusatz von auflöslichem Kali zu einem an sich schon in guter Kraft befindlichen Boden.

Schluß der Erklärung der Erscheinungen, welche durch das Gipsen bewirkt werden.

Ich glaube, daß man jetzt leicht begreifen wird, wie nothwendig es ist, daß der Boden möglichst hoch in Düngkraft sich befinde, wenn der Gips mit seiner ganzen Kraft auf die Mehrerzeugung vegetabilischer Substanz einwirken soll. Man wird aber ebenfalls jetzt einsehen, daß der Boden möglichst tiefgründig sein, in guter Cultur und in einem Zustande der Auflockerung sich befinden muß, wie er nur in den kalk- und mergelhaltigen, sandig-lehmigen oder lehmig-sandigen Bodenarten auf das Vollkommenste erreicht werden kann; diese Bodenbeschaffenheit ist nämlich deshalb so wichtig für die Cultur des Klees überhaupt, wie zur Unterstützung des Einflusses des Gipses insbesondere, weil nur unter solchen Verhältnissen wirklich eine üppige Vegetation dieser Pflanze stattfinden kann. Wenn wegen der Flachheit der Ackerkrume die Wurzeln in der Tiefe bald aus dem Bereiche des fruchtbaren Bodens hinauswachsen, wenn ferner bei der Zähigkeit der Ackerkrume und des Untergrundes der Ausdehnung der Wurzeln ein mechanischer Widerstand entgegentritt, so wird hierin der einfache und natürliche Grund liegen, weswegen unter solchen Bodenverhältnissen, wo überhaupt die Cultur des Klees nicht vollkommen sicher ist, auch der Gips keine wesentliche Vermehrung der Kleeernte hervorzubringen im Stande sein wird. In einem humosen, kalkhaltigen, durch die Cultur aufgelockerten, tiefgründigen, warmen Lehmboden mit ebenfalls lockerem durchlassendem Untergrunde, in einer milden, mäßig feuchten und vor dem Zutritt rauher Winde geschützten Lage, hier gedeiht der Klee, der allgemeinen Erfahrung zufolge, am besten, hier zeigt die Gipsdüngung die beste Wirkuug und zwar aus Gründen, die ich im Vorhergehenden entwickelt habe, nämlich nicht sowohl weil diese Bodenarten vor anderen eine vorzugsweise große Quantität von dem Klee zusagenden Nahrungsstoffen enthielten, sondern deswegen, weil der mechanische oder physikalische Zustand hier von einer solchen Beschaffenheit ist, wie er dem Klee besonders zusagt, wie er zu dem üppigen Gedeihen desselben durchaus erforderlich ist.

Schließlich mache ich hier noch darauf aufmerksam, daß der Gips keineswegs durch ein anderes Kalk- oder Magnesiasalz ersetzt werden kann; wenn auch diese Salze, wie das Chlorcalcium, die schwefelsaure

Magnesia u. s. w., mit dem Gips seine wichtigste Eigenschaft gemein haben, nämlich die Fähigkeit, das in der atmosphärischen Luft verbreitete kohlensaure Ammoniak zu absorbiren und bis zu einem gewissen Grade zu binden, — so ist doch jedenfalls bei der hier stattfindenden Wirkung die Schwerlöslichkeit des Gipses in Wasser von großer Wichtigkeit; die übrigen Kalk- und Magnesiasalze, welche meist außerordentlich leicht in Wasser auflöslich sind, würden einmal durch die geringste Regenmenge von den Pflanzen abgespült und entfernt werden, dann aber auch nach ihrem Ausstreuen leicht zu der Entstehung einer viel zu concentrirten wässerigen Auflösung die Veranlassung geben, welche wiederum die Lebensthätigkeit im Organismus der Pflanze mindern, stören und mit dieser Störung das Verkümmern der Pflanze verursachen könnte.

2. Dem Gips ähnlich wirkende Düngmittel.

Wenn die von mir aufgestellte Theorie des Gipses als die richtige angenommen wird, so ergiebt sich, daß alle die Stoffe dem Gips ähnlich wirken werden, welche ebenfalls die Absorption von Ammoniak aus der Luft oder dem Erdboden befördern können, indem ich eben in dieser Absorption die Hauptursache der Wirkung des Gipses gefunden habe; jedoch habe ich auch darauf schon aufmerksam gemacht, daß der günstige Einfluß des Gipses nicht allein auf jener Fähigkeit beruhe, sondern ganz besonders durch die Schwerlöslichkeit dieses Minerals in Wasser in hohem Grade unterstützt werde. Als dem Gips ähnlich wirkende Stoffe, welche wegen der Billigkeit ihres Preises möglicherweise im Großen Anwendung finden könnten, ist der Eisenvitriol zu erwähnen und namentlich die eisenkieshaltige Braunkohle und Steinkohle, welche, wenn sie eine Zeitlang dem oxydirenden Einfluß der Atmosphäre ausgesetzt gewesen ist, ebenfalls eine größere oder geringere Menge von auflöslichem schwefelsaurem Eisenoxydul enthalten muß; auf diese Düngmittel und deren dem Gips ähnliche Wirkung habe ich bereits früher hingewiesen und ebenfalls darauf, daß die Aschen dieser Kohlen oftmals sehr reich sind an schwefelsaurem Kalke oder Gips und in diesem Falle auf Kleesaaten und unter Umständen auch auf Wiesen mit Vortheil angewendet werden können. Der Eisenvitriol darf jedoch, wegen seiner stark beizenden Eigenschaft, nicht direkt mit der jungen Pflanze in Berührung gebracht werden, wenigstens

Wirkung des Eisenvitriols auf die Vegetation.

nur dann, wenn er in sehr verdünnter wässeriger Auflösung sich befindet. Dasselbe ist zu beobachten, wenn man die freie Schwefelsäure als Düngmittel anwendet, wozu sie in neuerer Zeit namentlich für Wiesen vorgeschlagen worden ist; sie wird ohne Zweifel hier günstig wirken, wie denn überhaupt die Vermehrung der Schwefelsäure im Boden stets einen günstigen Erfolg für die darauf gedeihenden Pflanzen zu haben scheint. Ich halte es jedoch für überflüssig, die von Tinzmann und von Reyne bei der Anwendung der verdünnnten Schwefelsäure auf Wiesen und bei der Cultur des Klees und des Weizens erhaltenen unbestimmten Resultate näher mitzutheilen, namentlich da eine so geringe Quantität (8 bis 10 Kil. auf die Fläche eines ganzen Hectare mit Wasser vermischt ausgegossen) wie sie von dem ersteren angewendet wurde, unmöglich eine bemerkbare, geschweige denn auffallende Wirkung äußern konnte. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß alle diese schwefelsäurehaltigen Düngstoffe im Boden sehr bald zu der Entstehung einer dem Schwefelsäuregehalte entsprechenden Menge von Gips Veranlassung geben und dann so wirken, als wenn dieser Stoff direkt den Bestandtheilen des Bodens beigemischt worden wäre. Einfluß der Schwefelsäure auf die Vegetation.

Ein mineralisches Düngmittel, welches häufig auf Kleefelder und Wiesen ausgestreut wird und hier dem Gips ganz ähnliche Wirkung äußert und äußern muß, weil eben Gips den bei weitem vorherrschenden Bestandtheil ausmacht, ist das Düngesalz, welches als Abfall bei der Salzgewinnung in den Salinen und namentlich, wo Gradirwerke vorkommen, als sogenannter Dornenstein sich bildet und in der Regel in großer Menge zu sehr billigen Preisen zu haben ist. Es besteht dieser Dornenstein aus verschiedenen löslichen und besonders schwer- und unlöslichen Salzen, welche aus den Soolwassern beim Gradiren derselben, zunächst sich ausscheiden und absetzen; außerdem sind auch in größerer oder geringerer Menge Stücke von Dorn- und Holzreisern beigemengt, welche von den Gradirwerken selbst herrühren und nur bei dem Zerstampfen der einzelnen Stücke dieses Düngesalzes zu einem feineren Pulver getrennt werden können. Als Beispiel der procentischen Zusammensetzung dieses Düngmittels gebe ich zwei von A. Stöckhardt ausgeführte Analysen, von denen die erste das auf der Saline zu Kötzschau, die andere das auf der Saline zu Teuditz gewonnene Düngesalz betrifft. Die Proben waren längere Zeit bei 20° getrocknet worden. Wirkung des Düngesalzes oder des Dornensteines.

	1.	2.
Kochsalz	5,26	0,28
Chlorkalium	3,04	0,43
Chorcalcium	0,19	0,60
Chlormagnesium	1,21	0,15
Glaubersalz	5,62	0,32
Bittersalz	1,88	0,18
Schwefelsaures Kali	1,23	1,44
Kohlensaurer Kalk	7,86	3,30
Kohlensaure Magnesia	0,37	0,25
Eisenoxyd	0,68	0,42
Thonerde	2,33	1,60
Kieselerde	1,80	1,95
Gips	52,75	70,12
Wasser und organische Stoffe	15,56	18,80
	99,78	99,84

Aus diesen Analysen ersieht man, daß die verschiedenen Bestandtheile in wechselnden Quantitäten vorhanden sind, die Abweichungen in der Zusammensetzung beider Düngesalze werden fast allein durch den größeren oder geringeren Gehalt an Gips, als den vorherrschenden Bestandtheil verursacht. Uebrigens sind in jenen Düngesalzen alle Mineralkörper vorhanden, welche unter den Aschenbestandtheilen der Pflanzen vorkommen, mit alleiniger Ausnahme der Phosphorsäure, von welcher in Nr. 1 nur höchst geringe Spuren nachgewiesen werden konnten.

3. Kalk und Mergel.

Zusammensetzung des reinen kohlensauren Kalkes.

Der auf der Erdoberfläche in so großer Menge auftretende Kalkstein ist in seinen reinsten Abarten eine einfache Verbindung von Kalkerde mit Kohlensäure und zwar sind in 100 Theilen des völlig reinen Kalksteins enthalten:

Kalkerde	56,3 Proc.
Kohlensäure	43,7 „

Der in der Natur im Großen, als Gebirgsart, vorkommende Kalkstein hat aber niemals eine so einfache Zusammensetzung, sondern es finden sich in demselben stets Verunreinigungen, größere oder geringere Quantitäten von zufälligen und fremdartigen Stoffen beigemischt, unter welchen als die gewöhnlicheren Thonerde, Quarzsand und

fein zertheilte Kieselerde, Eisen- und Manganoxyd, oft auch kohlige Substanzen, zu nennen sind. Je reiner der Kalkstein ist, einen desto fetteren Kalk bildet er nach dem Brennen und Löschen, desto mehr wird sein Volumen durch die letztere Operation vergrößert und um so mehr erhitzt er sich beim Löschen; der sogenannte magere Kalk entwickelt im gebrannten Zustande beim Löschen fast gar keine Wärme und es scheint diese Eigenschaft von der Beimischung einer größeren Menge von Magnesia herzurühren, wodurch er zur Verwendung als Mörtel weniger tauglich wird, aber als Düngmittel noch immer benutzt werden kann, wenn nur die Kalkerde den vorherrschenden Bestandtheil bildet. Der hydraulische Kalk endlich gehört ebenfalls zu den Kalkarten, welche nach dem Brennen in Berührung mit Wasser sich nur wenig erhitzen; sie haben aber die wichtige Eigenschaft, als Mörtel unter Wasser zu erhärten, eine Fähigkeit, welche von der Gegenwart und innigen Beimengung einer gewissen Menge Thon abhängig ist. Vielfache Analysen haben bewiesen, daß der Kalk schon hinreichend hydraulisch wird, wenn der Stein vor dem Brennen 15 bis 20 Proc. Thon enthält; Kalksteine, in welchen sich 30 Proc. Thon vorfinden, liefern einen Kalk, welcher im höchsten Grade hydraulisch ist. Während des Glühens und Brennens der hydraulischen Kalksteine wirken die Bestandtheile des Thons (Kieselerde und Thonerde) auf den Kalk ein, und es bildet sich basisch kieselsaure Kalk- und Thonerde; in Berührung mit Wasser nehmen diese neu entstandenen Verbindungen das zu ihrer chemischen Zusammensetzung gehörige Wasser nach und nach auf und werden dadurch fest und da sie in Wasser unlöslich sind, so bewahren sie ihre Festigkeit und erhöhen diese immer mehr. Die folgenden Analysen Berthier's geben die Zusammensetzung verschiedener Kalksteine, welche theils fetten, theils aber hydraulischen Kalk erzeugten:

Analysen verschiedener Kalksteine.

	Benennung der Kalkarten.	Kalkerde.	Magnesia.	Eisenoxyd.	Thon und Quarz.	Kohlensäure	Kohlensaurer Kalk.	Fremdartige Stoffe.
Kalksteine für fetten Kalk.	Weißer Marmor von Carrara .	55,4	0,4	—	1,0	43,2	98,1	1,9
	Jurakalk	54,6	0,9	—	1,5	43,0	96,5	3,5
	Grobkalk von Paris	55,6	—	—	1,5	42,9	98,5	1,5
	Süßwasserkalk von Nemours .	54,8	0,9	—	1,0	43,3	97,0	3,0
	Süßwasserkalk von Oeningen .	50,4	1,8	—	6,9	40,9	89,3	10,7
Kalksteine für hydraulischen Kalk.	Kalk von Nismes	46,7	1,9	—	13,4	38,0	82,5	17,5
	Jurakalk (Chaulnay)	50,5	1,4	—	7,8	40,3	89,2	10,8
	Jurakalk (Saint Germain) . .	52,4	0,2	—	7,6	39,8	85,8	14,2
	Kalk von Metz	43,2	1,6	2,7	15,9	36,8	76,5	23,5

Eigenschaften des Düngekalkes.

Das sogenannte Kalken des Ackers besteht bekanntlich darin, daß man den gebrannten Kalk, nachdem er gewöhnlich in Haufen mit Erde bedeckt durch Einsaugung der atmosphärischen Feuchtigkeit nach und nach gelöscht, oder auch das Löschen durch Besprengen mit Wasser befördert worden ist, in dem dadurch hervorgebrachten fein und locker pulverförmigen Zustande auf den Acker ausstreut und flach untereggt. Das Brennen und schwache Löschen des Kalkes sind Operationen, welche bei der Anwendung dieses Minerals als Düngmittel unumgänglich nothwendig sind, denn theils würde das mechanische Zerstampfen des rohen oft so überaus harten Kalksteines große Kosten verursachen, besonders aber wird der Kalk durch jene chemischen Mittel in einen Zustand so feiner Zertheilung versetzt, wie es nothwendig ist, wenn er als Düngmittel irgend eine Wirkung äußern soll; ein Zustand, der auf mechanischem Wege durchaus nicht erreicht werden kann. Der gebrannte Kalk löst sich in ungefähr 630 Theilen kalten, aber nur 1270 Th. warmen Wassers auf; das Kalkhydrat ist viel weniger ätzend als der gebrannte Kalk, hat jedoch immer noch deutliche und ziemlich stark alkalische Eigenschaften. Das Kalkhydrat und das Kalkwasser absorbiren mit großer Begierde freie Kohlensäure, wo sie mit derselben in Berührung kommen und zwar so lange, als noch eine Spur von Kalk im kaustischen Zustande sich befindet; der neugebildete kohlensaure Kalk unterscheidet sich dann von dem ursprünglichen Kalkstein nur durch seinen fein pulverförmigen Zustand, welcher so vollkommen ist, wie er kaum durch die Zersetzung einer Gipslösung mit einem kohlensauren Alkali hervorgebracht wird.

Anwendung des Kalkes bei der Cultur verschiedener Pflanzen.

Der Kalk wird nicht ausschließlich zu einzelnen Pflanzen oder zu einer gewissen Familie derselben als Düngmittel verwendet; in einigen Gegenden wird zu Kartoffeln oder Rüben gekalkt, in andern, vor der Cultur des Klees, in anderen nach dem Umbrechen der Kleestoppeln vor der Einsaat des Weizens. Es ergiebt sich also schon hieraus, daß man den Kalk nicht als eine Substanz ansehen darf, welche direkt das Wachsthum bestimmter Pflanzen zu fördern im Stande sei. Hinsichtlich des Grades der Wirkung einer Kalkdüngung liegen wenige genaue Versuchsresultate vor; von vorne herein läßt sich aber behaupten, daß die Bodenbeschaffenheit auf die Wirkung des Kalkes von ganz besonders großem Einfluß sein müsse, keineswegs der Umstand allein, ob in dem Boden bereits größere oder geringere Mengen von Kalk vorhanden sind, sondern nicht weniger der physikalische Zustand, in welchem die Ackerkrume sich

befindet; auch die klimatischen Verhältnisse müssen von Bedeutung sein für die Wirkung des Kalkes.

Im sächsischen Erzgebirge wendet man häufig den Kalk, entweder für sich allein oder mit Asche vermischt bei der Cultur von Kartoffeln an und namentlich im nassen und kalten Thonboden mit großem Erfolge. Ein Versuch, den ich in dieser Hinsicht auf dem Rittergute Brösa im Jahre 1848 anzustellen Gelegenheit hatte, fiel ebenfalls zu Gunsten dieser Düngung aus, indem der Ertrag bei Anwendung des Kalkes zu dem mittelst der Düngung mit gewöhnlichem Stallmiste sich verhielt wie 82 zu 93; es war zu jeder Kartoffel durchschnittlich $1\frac{3}{5}$ Loth oder etwa 24 Gramme Kalk gestreut worden. Auch bei der Gerste war der Erfolg einer Kalkdüngung sichtbar.

Anwendbarkeit des Kalkes unter gewissen Bodenverhältnissen.

Die Anwendbarkeit des Kalkes als Düngmittel ist zum großen Theile abhängig von der geognostischen Beschaffenheit des Untergrundes, und von den Mischungsverhältnissen, in welchen die vorherrschenden Bestandtheile der Ackerkrume vorhanden sind; ich habe schon früher erwähnt, daß der Kalk vorzugsweise in den Bodenarten seine günstige Wirkung äußere, welche durch Verwitterung plutonischer, krystallinischer Gebirgsarten, namentlich des Granits, Porphyrs, Gneis und Glimmerschiefers und besonders auch des Thonschiefers entstanden sind, da in diesen der Kalk als wesentlicher Bestandtheil zu fehlen pflegt. Je nachdem die Bodenart eine mehr zäh-thonige oder eine sandig-lockere Beschaffenheit besitzt, wird der Kalk hier in größeren oder geringeren Quantitäten ausgestreut werden können, auch wird man in einem kalten, feuchten Klima größere Mengen noch mit Vortheil auf den Acker bringen, als wo ein solches Klima nicht herrscht. Aus diesen Gründen sind auch die Angaben der Schriftsteller über die anzuwendenden Quantitäten bei der Kalkdüngung außerordentlich verschieden.

Menge des als Dünger angewendeten Kalkes.

In England z. B. bringt man, wenn der Boden thonig ist, manchmal 20,000 bis 25,000 Kil., bei leichterem Boden 12,000 bis 15,000 Kil. Kalk auf die Fläche eines Hectare; in Frankreich wendet man viel weniger an, höchstens 5000 bis 6000 Kil., und zwar alle 7 bis 8 Jahre, in Belgien alle 10 bis 12 Jahre nur etwa 4000 und im Innern von Deutschland noch weniger; so z. B. in der sächsischen Oberlausitz, wo diese Düngungsart bei den kleineren, wie bei den größeren Landwirthen sehr verbreitet ist, alle 6 bis 8 Jahre ungefähr 1000 bis höchstens 2000 Kil. auf die Fläche eines Hectare, wenn auch in einzelnen Verhältnissen diese Quantität mit Vortheil gesteigert wird. Ueberall aber ist auch bei diesem Düngmittel

zu beachten, daß unter gewissen klimatischen Verhältnissen für jede Bodenart und für den Anbau einer jeden Pflanze ein Maximum besteht, bis zu welchem die Kalkdüngung noch Vortheil bringt, über welches hinaus aber der Mehrertrag nicht allein die Kosten nicht mehr deckt, sondern sogar eine Verminderung der Ernte in Qualität und Quantität bewirkt. Daß dieses Maximum aber für verschiedene Pflanzen sehr verschieden sei, ersieht man aus den im Folgenden mitgetheilten Resultaten

Düngungsversuche mit Kalk.

von Versuchen, die in ähnlicher Weise und unter denselben Boden- und Witterungsverhältnissen im Jahre 1849 ausgeführt wurden, wie diejenigen, welche zur Prüfung der Wirkung des Kochsalzes, der Pottasche und anderer Mineralsalze angestellt wurden, und deren Resultate oben mitgetheilt worden sind.

Nr.	Menge des Kalkes auf 1 Hectare.	Resultate der Versuche mit Gerste.			Haferstroh auf 1 Hectare.	Buchweizenstroh auf 1 Hectare.
		Stroh und Spreu auf 1 Hectare.	Körner auf 1 Hectare.	Verhältniß des Strohes zu den Körnern.		
	Kil.	Kil.	Kil.		Kil.	Kil.
1.	—	6210	4174	2,97 : 2	8694	3051
2.	4500	+ 1836	+ 588	3,38 : 2	— 594	+ 2241
3.	9000	+ 2146	+ 767	3,36 : 2	— 270	+ 1917
4.	15750	— 1080	— 2500	6,14 : 2	+ 2430	+ 3567

Die Nachwirkung des aufgebrachten Kalkes war im folgenden Jahre in dem günstigen Gedeihen des Klees sehr deutlich. Obgleich diese Versuche nicht zahlreich genug waren, als daß sie recht bestimmte Resultate hätten liefern können, so bemerkt man doch, daß bei der Gerste durch den Kalk zuerst der Ertrag sich erhöhte, wenn auch nicht so bedeutend, wie dies bei Anwendung anderer Mineraldünger, z. B. des Kochsalzes, der Fall war; nach Ueberschreitung eines gewissen Maximums nahm aber der Ertrag in Qualität sowohl als in Quantität sehr merklich ab. Die Cultur des Hafers hat in diesen Versuchen keine deutlichen Resultate geliefert, wie überhaupt auch bereits früher angedeutet wurde, daß Beschaffenheit und Düngungszustand des Bodens nicht der Körnerproduction des Hafers zusagte. Deutlich dagegen zeigt es sich, daß der Buchweizen bei Gegenwart einer großen Quantität von Kalk im Boden sehr gut gedeiht und noch einen ausgezeichnet hohen Ertrag liefert bei Anwendung einer Menge des Kalkes, welche der Gerste nicht mehr zusagte. Diese Erscheinungen und Thatsachen sind begründet in der physikalischen Beschaffenheit des Bodens und in den Veränderungen, die in dieser Hinsicht bei

Anwendung größerer oder geringerer Quantitäten von Kalk in der Ackerkrume hervorgebracht werden.

Der Kalk kann den Stalldünger nicht ersetzen.

Ich brauche hier kaum zu erwähnen, daß durch Kalk keineswegs der gewöhnliche Dünger ersetzt werden kann; es ist bekannt genug, daß der Kalk nur dann sich wirksam zeigt, wenn noch wirklich nährende, namentlich stickstoffhaltige Stoffe im Boden vorhanden sind, wenn dieser also noch auf einer gewissen Stufe von Kraft und Productivität sich befindet. Wohl aber muß ich hier darauf aufmerksam machen, daß der Kalk, wenn er eine deutliche Wirkung äußern soll, keineswegs wie der Gips einen humosen, milden, warmen, tiefgründigen, in möglichst hoher Cultur befindlichen Boden verlangt, sondern daß der Kalk gerade für einen widerspenstigen, strengen, thonigen und kalten, wenig humushaltigen und mäßig cultivirten Boden, für ein verhältnißmäßig rauhes und kaltes Klima, also eben unter Verhältnissen eine hohe Bedeutung für die Hebung des Ackerbaues und der durch denselben erzielten Erträge erhält, unter welchen für gewöhnlich der Gips als unwirksam bekannt ist.

Theorie des Kalkens.

Ueber die Ursache der unter gewissen Verhältnissen sehr günstigen Wirkung des Kalkes auf die Erhöhung der Productivität des Ackers oder hinsichtlich der Theorie des Kalkens kann man, meiner Ansicht zufolge, gegenwärtig kaum noch in Zweifel sein, wenn man nur klar die Bedingungen und namentlich die Bodenbeschaffenheit sich vergegenwärtigt, unter welchen die Pflanzen im Allgemeinen am besten gedeihen und das Gedeihen bestimmter Gewächse insbesondere gefördert wird. Ich sehe die Ursache der günstigen Einwirkung des Kalkes in den bekannten Eigenschaften dieses Stoffes begründet. Der Kalk wirkt nämlich auf doppelte Weise günstig, theils direkt ernährend für die Pflanze, theils aber die Ernährung der Pflanze vermittelnd, also indirekt das Wachsthum derselben befördernd; die letztere Art der Wirksamkeit erstreckt sich wiederum sowohl auf die chemische Zusammensetzung der Ackerkrume, als auch, und ganz besonders, auf die physikalische Beschaffenheit derselben.

Direkte Ernährungsfähigkeit des Kalkes.

Auf die direkte Ernährungsfähigkeit des Kalkes für die Pflanzen ist bis in die neueste Zeit zur Erklärung der Wirkung dieses Mineralkörpers, ganz besonders großes Gewicht gelegt worden; man hat geglaubt, durch Kalkdüngung einem kalklosen oder kalkarmen Boden diesen Bestandtheil zuführen zu müssen, damit nämlich dadurch den Pflanzen die Möglichkeit dargeboten werde, nunmehr soviel von diesem Kör-

per dem Boden zu entziehen, als bei einer üppigen Entwicklung in den Organismus derselben übergehen muß. Diese Fähigkeit des Kalkes, von gewissen Pflanzen in ziemlich bedeutender Menge aufgenommen zu werden, kann aber nicht die Hauptursache der günstigen Wirkung des Kalkens sein. Ich habe schon mehrfach angedeutet, und ich werde hierüber in dem Kapitel von der Erschöpfung des Bodens durch die Cultur die genaueren Zahlenverhältnisse mittheilen, daß bei einer ganz gewöhnlichen Düngung mit Stall- und Hofmist eine größere Menge Kalk in den Boden gebracht wird, als auch durch die üppigsten Ernten ihm entzogen wird; es wird also, bei fortgesetzter Cultur, fortwährend die Ackerkrume an Kalkgehalt zunehmen und es läßt sich mit Bestimmtheit behaupten, daß eine jede Ackerkrume, im Vergleich zu der auf ihr erzeugten vegetabilischen Masse, einen sehr großen Ueberschuß an Kalk besitzt, wenn man diesen Stoff nur als direktes Nahrungsmittel für die Pflanze ins Auge faßt. Bei einer Kalkdüngung, wie sie in der Regel bei uns in Deutschland, oder in Belgien und Frankreich vorgenommen wird, bringen wir soviel Kalk in den Boden, daß jährlich allein in Folge dieser der Ackerkrume beigemischten Kalkmenge, zur Absorption durch die Pflanzen wenigstens eine Quantität von 300 Kil. für die Fläche eines Hectare disponibel würde, während doch in der That mit den Ernten höchstens durchschnittlich 30 Kil. Kalk dem Boden entzogen werden. Ein Beispiel aus Frankreich wird angeführt, wo durch Kalk eine so ausgezeichnete Verbesserung bewirkt wurde, daß der Ertrag an Winterhalmfrüchten sich dadurch verdoppelte und dieses wurde auf die Weise erreicht, daß in einem Zeitraume von 9 Jahren einer Fläches Landes von 32 Hectaren allmählig ungefähr 300,000 Kil. Kalk zugeführt wurden, welches auf ein Jahr und ein Hectare berechnet fast 1050 Kil. ausmacht. Es ist auch bekannt, daß sehr häufig die Kalkdüngung noch einen günstigen Erfolg äußert, wo schon nicht unbedeutende Mengen von Kalk unter den Bodenbestandtheilen sich vorfinden, wenigstens hinreichend, um Hunderte von Ernten vollständig mit diesem Nahrungsstoffe zu versorgen. Endlich wissen wir, daß die Düngung des Kalkes keineswegs die Productivität des Ackers allein und vorzugsweise für diejenigen Pflanzen steigert, welche wie der Klee verhältnißmäßig ziemlich viel Kalk in sich aufnehmen, sondern daß die günstige Wirkung ebenso gut, ja oft sogar ganz besonders, an den Halmfrüchten, namentlich bei der Cultur des Weizens, hervortritt.

Ich halte aus den angeführten Gründen den unmittelbaren Uebergang des Kalkes aus dem Boden in die Pflanze für die Erklärung der günstigen Wirkung dieses Düngmittels für völlig bedeutungslos; mir erscheint nur die vermittelnde Wirkung des Kalkes zwischen den Bestandtheilen des Bodens und dem Organismus der Pflanze von Wichtigkeit. Betrachten wir zunächst diese Wirkung hinsichtlich der chemischen Reaction des Kalkes. Wenn der gebrannte Kalk, durch Anziehung von Wasser allmählig zu einem weichen, lockeren, voluminösen Pulver zerfallen ist, in diesem Zustande auf den Acker ausgestreut und mit dessen Bestandtheilen vermischt wird, so wirkt er ätzend und zerstörend auf alle im Boden enthaltenen organischen Stoffe und zwar deswegen, weil ihm ein großes Bestreben eigen ist, mit der Kohlensäure, welche er durch das Brennen verloren hat, sich wiederum zu verbinden. Er befördert also die Zersetzung der humusartigen Bestandtheile des Bodens, die schnellere Entwicklung und Abscheidung der Kohlensäure aus denselben; so lange noch Aetzkalk im Boden enthalten ist, wird die freiwerdende Kohlensäure von demselben absorbirt und also auch deren Uebergang in die Pflanze aus dem Erdboden zum großen Theile verhindert. Wenn wir trotzdem, daß die Kohlensäure durch den Kalk im Boden zurückgehalten wird, die Pflanze selbst schneller sich entwickeln und üppiger sich entfalten sehen, so geht hieraus hervor, daß einmal in der umgebenden Atmosphäre zur Erzeugung der vegetabilischen Masse Kohlensäure in ausreichender Menge vorhanden sein muß, und ferner, daß bei der durch den Kalk beschleunigten Zerstörung der organischen im Boden enthaltenen Düngstoffe noch ein anderer Körper frei wird, welcher das Wachsthum der Pflanze zu fördern vermag. Dies ist in der That der Fall; jede Art von Humus enthält immer eine größere oder geringere Menge von chemisch gebundenem Stickstoff oder von fertig gebildetem Ammoniak, und bei der vollständigen Zerstörung des Humus wird stets eine dem ursprünglichen Stickstoffgehalte entsprechende Quantität Ammoniak in den freien Zustand übergehen, und da bekanntlich das Ammoniak in hohem Grade die Fähigkeit besitzt, das Wachsthum der Pflanzen zu fördern, so sehen wir auch in dieser durch die Gegenwart des Kalkes beschleunigten und vermehrten Entwicklung des Ammoniaks, einen großen Theil der Wirkung dieses Düngmittels erklärt, denn der Aetzkalk vermag sich nur mit der durch Zerstörung des Humus freigewordenen Kohlensäure zu verbinden, kann aber nicht verhindern, daß die ganze Menge des gleichzeitig gebildeten Ammoniaks gasförmig ent-

Die Aufnahme der Pflanzennahrung vermittelnde Wirkung des Kalkes.

Chemisches Verhalten des Kalkes gegen die Bestandtheile des Bodens.

weicht, oder in Wasser aufgelöst von den Wurzeln der Pflanze aufgenommen wird. Ob der Kalk noch auf andere Bestandtheile der Ackerkrume chemisch verändernd einwirkt, ist wahrscheinlich, namentlich ist zu erwähnen, daß die leichtere Lösung der fixen Alkalien, die stets die Folge sein wird von einer beschleunigten Zerstörung des Humus im Boden und von einer mechanischen Durchdringung des Thones durch den Kalk, ebenfalls fördernd auf das Gedeihen der Pflanzen einwirkt.

Günstige Wirkung des Kalkes auf den physikalischen Zustand des Bodens.

Es bleibt mir nun noch einen anderen Einfluß des Kalkes zu erörtern übrig, ein Einfluß, dem ich, hinsichtlich der Theorie des Kalkens, eine ganz besonders große Bedeutung zuschreiben möchte, ich meine nämlich den Einfluß des Kalkes auf die Verbesserung der physikalischen Beschaffenheit des Bodens. Wenn der an der Luft zerfallene Kalk durch mechanische Mittel in möglichst innige Mischung mit den übrigen Bestandtheilen der Ackerkrume gebracht ist, so wird hier auf chemischem Wege diese Mischung nach und nach eine noch weit vollständigere werden. Der Aetzkalk ist bekanntlich in Wasser, wenn auch schwer, auflöslich; sobald diese Auflösung erfolgt, so bringt dieselbe in alle Poren und Zwischenräume des Bodens ein, sie tritt mit den kleinsten Theilchen des Thones und des Humus in Berührung, befördert dadurch, wie schon angedeutet wurde, die Zersetzung des letzteren, bis der Kalk durch seine allmählig erfolgte Verbindung mit Kohlensäure seine ätzenden und zerstörenden Eigenschaften, und damit auch seine Auflöslichkeit in Wasser verloren hat; der ausgeschiedene kohlensaure Kalk bleibt daher im fein zertheilten Zustande zwischen den Thon-, Sand- und Humustheilchen in der Ackerkrume zurück und wird auf diese Weise die Zähigkeit und Bindigkeit des Thons mäßigen, die Bestandtheile des Bodens werden leichter auseinanderfallen, die Undurchlässigkeit gegen das Wasser gemindert werden. Es ist in dieser Eigenschaft des Kalkes, wie ich glaube, die Hauptursache seiner günstigen Wirkung begründet; denn es ist bekannt, daß ein Boden dann die größte Fruchtbarkeit besitzt, wenn er bei einem bedeutenden Grade der Auflockerung und bei möglichst großer Tiefe der Ackerkrume, noch hinlänglich wasserhaltende und wassersaugende Kraft besitzt, so wie die Fähigkeit, leicht von der Sonne durchwärmt und dadurch zu einer immer größeren Thätigkeit angeregt zu werden, alles Eigenschaften, welche dem Kalk- und namentlich dem sogenannten Mergelboden, welcher vorzugsweise milde, warm und thätig ist, im hohen Grade zukommen. Es wird aber gerade durch das Kalken auf künstliche Weise ein Mergel im

Boden, nämlich ein ganz inniges Gemenge von Thon und Kalk gebildet, welches beim Austrocknen leicht auseinander fällt und auch im feuchten Zustande keine große Bindigkeit mehr besitzt. Aus diesem Grunde wird auch der Kalk bei einem zähen, nassen und kalten Thonboden die besten Dienste leisten, selbst in dem Falle, wenn schon ziemlich viel Kalk in demselben vorhanden ist, aber noch nicht genug, um die hier angedeutete Verbesserung der physikalischen Beschaffenheit vollständig bewirken zu können. Dagegen ist die Wirkung des Kalkes in einem sandigen, an sich schon lockeren Boden sehr unbedeutend, selbst wenn auch in demselben nur sehr geringe Mengen von Kalk vorhanden sind, und wenn nicht vielleicht dem Sande so viel Humus beigemischt ist, daß der Boden dadurch schwammig, sehr naß und leicht zur Säure geneigt erscheint; in dem letzteren Falle findet der Kalk wiederum sehr zweckmäßig seine Anwendung, um einen Theil des vorhandenen Humus zu zerstören, den zurückbleibenden aber zu binden und dadurch dem Boden die nöthige alkalische Reaction und zu gleicher Zeit eine geringere wasserhaltende, aber eine größere wärmehaltende Kraft zu verleihen.

Zum Beweis des hier Gesagten, kann ich eine aus der Praxis entlehnte Thatsache in Erwähnung bringen. Die sächsische Oberlausitz ist zum großen Theil ein Landstrich, in welchem die Boden- und klimatischen Verhältnisse im hohen Grade die Kalkdüngung zu fordern und die günstige Wirkung derselben zu unterstützen scheinen. Dennoch sind mir aber einzelne Güter oder einzelne Landstriche bekannt, wo die Kalkdüngung, bei sonst kräftigem und schwerem Boden, keinen merklichen Erfolg zeigt, ungeachtet dieses Düngmittel noch niemals hier in Anwendung gebracht worden war und ungeachtet hier nicht mehr Kalk bereits im Boden vorhanden ist, als in anderen Gegenden derselben Landschaft, wo der Kalk einen auffallend günstigen Erfolg zeigt. Es sind dies aber gerade solche Bodenarten, welche trotz ihres hohen Thon- oder Lehmgehaltes, doch wegen einer reichlichen und innigen Beimischung von Humus, bei einer bedeutenden Tiefe der Ackerkrume einen beträchtlichen Grad von Lockerheit, wärme- und wassersaugender Kraft besitzen, oder welche durch starke und oftmalige Düngung mit animalischen und vegetabilischen Stoffen, sowie durch eine sorgfältige mechanische Bearbeitung auf einer so hohen Stufe der Cultur sich befinden, daß der Boden bereits die physikalische Beschaffenheit erreicht hat, welche unter anderen Verhältnissen erst durch die Kalkdüngung angestrebt wird.

Anwendung des Mergels als Düngmittel.

Ueber den Mergel habe ich jetzt nur wenige Bemerkungen noch hinzuzufügen; seine Wirkungsart und die Ursache dieser Wirkung ist ganz dieselbe, wie ich sie ausführlich bei dem Kalke auseinander gesetzt habe. Auch bei dem Mergel erklärt sich der Erfolg keineswegs durch die direkte Ernährungsfähigkeit des in demselben enthaltenen Kalkes, sondern nur durch seinen günstigen Einfluß auf die physikalische Beschaffenheit des Bodens. In den Ländern, wo der Mergel fast allenthalben beinahe den unmittelbaren Untergrund der Ackerkrume bildet, wo derselbe schon 1 bis 2 Fuß tief unter der Erdoberfläche sich abgelagert hat, wie das z. B. an sehr vielen Orten an der Ostküste Schleswig-Holsteins der Fall ist, da kann man doch unmöglich annehmen, daß unter diesen Umständen nicht in der Ackerkrume so viel Kalk sollte vorhanden sein, daß die in derselben wachsenden Pflanzen vollständig und auf's Reichlichste mit diesem Nahrungsstoffe sollten versehen werden können, und doch lehrt es die Erfahrung, daß der Mergel auch hier mit großem Erfolge angewendet wird, namentlich auf einem thonigen und zur Nässe geneigten Boden.

Ursache der günstigen Wirkung des Mergels.

Der Mergel besitzt die beim Kalke besprochene Wirkung zur Verbesserung des physikalischen Zustandes im Boden in einem fast noch höheren Grade, als der Kalk; der Mergel ist schon das, was durch den Kalk erst im Boden erzeugt werden soll, nämlich eine außerordentlich innige und vollständige Mischung von Thon und Kalk. Der Mergel macht den Boden milder, lockerer und thätiger und zwar aus dem Grunde, weil dieser Körper an der Luft leicht zu einem feinen Pulver auseinanderfällt; diese wichtigste Eigenschaft beruht auf der innigen mechanischen Mischung beider den Mergel zusammensetzenden Stoffe und auf deren verschiedenem Verhalten beim Austrocknen und bei der Erwärmung. Der Thon nämlich zieht sich bekanntlich beim Austrocknen stark zusammen, während der feinzertheilte Kalk sein Volumen behält, beide Körper vermindern bei der Erhöhung der Temperatur in verschiedenem Grade ihren Umfang, und in Folge dieser Erscheinung muß nothwendig der Mergel, wenn er längere Zeit an der Luft liegt und abwechselnd einer hohen und niederen Temperatur, dem Austrocknen und der Nässe ausgesetzt ist, seine Bindigkeit verlieren und zu einem lockeren, voluminösen Pulver auseinander fallen. Dies ist zum Theil die Ursache, weswegen man überall den Mergel eine Zeit lang den Einflüssen der Atmosphäre aussetzt, ehe man ihn in den Boden bringt und mit dessen Bestandtheilen vermischt; wollte man ihn sofort unterackern und eineggen, so würde er noch längere Zeit im

Boden seinen Zusammenhang behalten und hier also nicht so schnell die Wirkung hervorbringen, welche man bei Anwendung dieses Verbesserungsmittels zu erlangen wünscht. Ein anderer Grund, weswegen man den Mergel gerne erst mit der Luft in Berührung läßt, beruht auf einem chemischen Prozesse. Der Mergel nämlich, wenn er ausgegraben wird, verhält sich ganz ähnlich wie ein todter Boden, welcher aus der Tiefe der Ackerkrume oder des Untergrundes an die Oberfläche geschafft wird, oder wie kürzlich umgebrochenes Neuland; hier, wie dort muß erst der Boden gleichsam durch Berührung mit der Atmosphäre befruchtet werden, es muß nämlich die stets, bei Gegenwart von organischen faulenden Stoffen, in den tieferen, vom Zutritt der Luft abgeschlossenen, Erdschichten sich bildende und vorhandene und dem Gedeihen der Pflanzen nachtheilige Säure (saurer Humus) zerstört, und außerdem das bei Gegenwart von Thon ebenfalls stets vorhandene Eisenoxydul durch Aufnahme von Sauerstoff in das gegen das Wachsthum der Pflanzen sich indifferent verhaltende Eisenoxyd verwandelt werden.

Verschiedene Arten des Mergels.

Die Anwendung des Mergels erstreckt sich auf eine größere Menge von verschiedenen Bodenarten, als die des Kalkes; der Mergel hat nämlich hinsichtlich der quantitativen Verhältnisse seiner beiden Hauptbestandtheile, des Thones und des Kalkes eine sehr abweichende Zusammensetzung. Je nachdem der Mergel den einen oder anderen Bestandtheil in vorherrschender Menge enthält, wird er T h o n = oder K a l k m e r g e l genannt; sowie der Kalkmergel in allen nicht schon hinlänglich kalk= oder mergelhaltigen Bodenarten, vorzugsweise aber in dem reinen Thonboden gute Dienste leistet, so verwendet man den Thonmergel hauptsächlich zur Verbesserung der physikalischen Beschaffenheit des Sandbodens und je nachdem verschiedene Arten von Mergel dem Landwirthe zu Gebote stehen, kann er im höheren oder geringeren Grade die Abweichungen in dem Zustande seiner Bodenarten aufheben und diese schließlich auf den, unter den vorhandenen Umständen, höchsten Grad relativer Fruchtbarkeit erheben.

Analysen verschiedener Mergelsorten.

Aus den im Folgenden mitgetheilten von K r o c k e r ausgeführten Analysen mehrerer Arten von Mergel wird man ersehen, wie sehr der Gehalt an kohlensaurem Kalke in denselben variirt, obgleich diese Abweichungen in der Zusammensetzung noch bedeutender sein können, als sie aus der folgenden Uebersicht sich ergeben. Zugleich bemerkt man aus den Resultaten dieser Analysen, daß die Mergel sämmtlich in größerer oder geringerer Menge andere Bestandtheile enthalten, nämlich

kohlensaure Magnesia, besonders aber fixe Alkalien und Ammoniak, welche Stoffe stets und überall in Verbindung mit dem Thon auftreten und die Gegenwart des Ammoniaks in dem Mergel ist um so weniger auffallend, wenn man die geognostischen Verhältnisse berücksichtigt, unter welchen solche Mergelablagerungen sich gebildet haben. Diese gehören nämlich, ihrem Alter nach, den neuesten Bildungen an, welche entstanden sind, als bereits die Erdoberfläche mit Organismen aller Art bedeckt und bevölkert war, deren Ueberreste wir allenthalben, so auch in diesen Mergeln vorfinden, welche nicht selten zum großen Theile aus fein zerriebenen Bruchstücken von Muscheln und anderen Schalthieren bestehen; es ist also sehr natürlich, daß diese mineralischen Ueberreste von Thieren auch noch mehr oder weniger deutliche Spuren der ursprünglich bei der Bildung dieser Erdschichten vorhandenen thierischen Stoffe, also stickstoffhaltige Substanzen in sich einschließen, welche bei der weiteren Verwitterung und Fäulniß zu der Entstehung einer gewissen Ammoniakmenge die Veranlassung geben können.

Nr.	Kohlensaurer Kalk.	Kohlensaure Magnesia.	Kali.	Wasser.	Thon, Sand und Eisenoxyd.	Ammoniak.
	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.	Proc.
1.	12,275	0,975	0,087	2,036	84,525	0,0047
2.	14,111	Spuren	0,082	2,146	82,830	0,0077
3.	18,808	1,228	0,092	2,111	76,827	0,0988
4.	20,246	3,211	0,091	1,311	74,325	0,0768
5.	25,176	2,223	0,105	1,934	69,570	0,0736
6.	32,143	1,544	0,101	1,520	64,214	0,0955
7.	36,066	1,106	0,163	1,555	60,065	0,0579

Aus den Resultaten dieser Analysen ist geschlossen worden, daß bei verschiedenem Gehalte an kohlensaurer Kalkerde und Thon eine gewisse Beziehung zwischen dem Kalk- und Alkaligehalte des Mergels stattfinde, daß, je kalkreicher der Mergel, unter übrigens gleichen Umständen, desto mehr Alkali bereits in aufgeschlossenem Zustande vorhanden sei, während der Wassergehalt in den lufttrocknen Mergeln mit dem steigenden Gehalte an Thon zunehme. Außerdem enthält jeder Mergel, wie man sieht, Ammoniak in größerer oder geringerer Menge; indem nämlich der daran reichste Mergel 0,098 Proc. enthielt, also auf 10,000 Kil. mehr als 9 Kil., waren in dem daran ärmsten nur 0,004 Proc. oder in 100,000 Kil. nur 4 Kil. zugegen.

Man hat den Nebenbestandtheilen des Mergels, dem Kali und dem Ammoniak einen nicht unbedeutenden Antheil an der günstigen Wirkung

dieses Düngmittels zugeschrieben; ein Antheil, der, wenn überhaupt, so doch nur innerhalb sehr enger Gränzen stattfinden kann. Es ist eher wahrscheinlich, daß der Mergel zur leichteren Lösung des schon im Boden in reichlicher Menge vorhandenen Alkalis beiträgt, welches natürlich die Folge sein muß von jeder mechanischen Auflockerung. Auch dem Ammoniak des Mergels kann ich keine besonders große Wirkung zuschreiben, da ich glaube, daß bei weitem der größte Theil desselben von dem Thone des Mergels in einem zu fest gebundenen Zustande zurückgehalten wird, als daß derselbe mit der raschen Entwicklung der Pflanzen nur in einigermaßen bedeutender Menge gelöst werden könnte; es verhält sich vielmehr dieses Ammoniak ebenso, wie der überhaupt fast in jeder Ackerkrume in großer Quantität, oft auf der Fläche eines Hectare bis zu 1000 Kil. vorhandene Stickstoff, der ebenfalls nur so langsam aus dem Boden entbunden und von der Pflanze aufgenommen werden kann, daß der Acker, trotz der Gegenwart dieses Stickstoffes, wenn nicht in bestimmten Zeiten immer auf's Neue stickstoffhaltiger Dünger hinzugeführt wird, sehr bald in den Zustand völliger Erschöpfung und Unfruchtbarkeit übergeht. Ich bin der Ansicht, daß die günstige Wirkung des Kalkes und Mergels fast ausschließlich auf der dadurch hervorgebrachten Verbesserung des physikalischen Zustandes der Ackerkrume und der dadurch bewirkten leichteren Zersetzung und Lösung der schon im Boden vorhandenen Nahrungsstoffe beruht, daß aber die mit jenem Stoffe in den Boden gebrachten Haupt- und Nebenbestandtheile an der Ernährung der Pflanzen selbst keinen oder doch nur einen fast verschwindenden Antheil haben.

Bedeutung der Nebenbestandtheile des Mergels für dessen günstige Wirkung auf die Vegetation.

Am Schluß dieses Kapitels muß ich noch einer Erfahrung mit wenigen Worten gedenken, die man in vielen Ländern bei der Anwendung des Kalkes und Mergels gemacht hat; es ist dies eine Erscheinung, deren Erklärung bisher noch nicht ganz gelungen ist und die darin besteht, daß je nach den Boden- und klimatischen Verhältnissen nach kürzerer oder längerer Zeit die Kalk- und Mergeldüngung aufhört sich wirksam zu zeigen, ja der Acker sogar, bei völliger Gleichheit der Cultur, an Fruchtbarkeit abnimmt und in dieser Hinsicht selbst nicht selten unter den Grad der Productivität herabsinkt, in welchem er vor der Anwendung des Kalkes und des Mergels sich befand. Der Acker ist dann nur durch Zufuhr von organischen Düngstoffen, und namentlich von solchen, welche zu der Entstehung einer bedeutenden Menge Humus die Veranlassung geben, wie durch den gewöhnlichen Hof- oder Stallmist,

Ursachen der zuweilen beobachteten nachtheiligen Wirkung des Kalkes und Mergels.

sehr humosen Compost und dgl., auf der gewünschten Höhe der Fruchtbarkeit zu erhalten. Diese Erscheinung tritt hauptsächlich in dem Falle besonders deutlich hervor, wo ein Uebermaß von Kalk oder Mergel zur Anwendung gekommen ist, wo man eine Verdopplung, ja Verdreifachung der früheren Productivität, mit Hülfe jener Mittel, zu plötzlich und gewaltsam herbeigeführt hat, während, wenn man sich begnügt, allmählig den Zustand und die Cultur der Ackerkrume zu verbessern, der nachtheilige Einfluß dieser Verbesserungsmethode in weit längere Zeit hinausgeschoben wird, ja ohne Zweifel in vielen Fällen und bei der gehörigen Vorsicht gänzlich ausbleiben kann und muß. Durch den Kalk wird der Humus sowohl direkt verzehrt, als auch sein Gehalt im Boden auf indirekte Weise vermindert, indem die größere Auflockerung des Bodens die Verwesung des Humus unter den atmosphärischen Einflüssen beschleunigt; es ist ausgemacht, daß jede Pflanze bei einem gewissen Grade der Auflockerung und des physikalischen Zustandes im Boden überhaupt am besten gedeiht und es ist begreiflich, daß dieser Zustand unter verschiedenen klimatischen Verhältnissen ein verschiedener sein muß, endlich sieht man ein, daß eine gleichsam mittlere physikalische Beschaffenheit, wie diese der Mehrzahl der Pflanzen zusagt, im Boden auch den höchst möglichen Grad der Fruchtbarkeit erzeugen wird. Ist nun dieser mittlere Zustand im Boden zu schnell erreicht worden durch Zusatz einer sehr großen Quantität Kalk und Mergel, so muß auch der Humus in demselben Maße schnell verzehrt werden und zwar mehr von diesem Bestandtheil aus dem Boden verschwinden, als in derselben Zeit durch die im Boden bleibenden vegetabilischen Rückstände der Ernten und durch den direkt zugesetzten Dünger wiederum ergänzt wird. Mit dieser Abnahme des Humusgehaltes wird, unter gleichzeitiger Auflockerung des Thones durch den Kalk, die wärme-absorbirende und haltende Kraft des Bodens auf Kosten der wassersaugenden und haltenden Kraft zu sehr erhöht, es zerfallen die Bestandtheile der Ackerkrumme zu einem feinen, staubigen Pulver, welches auf der einen Seite leicht austrocknet, auf der anderen Seite aber bei Gegenwart von Wasser sehr zusammenschwimmt und wasserhart wird. Es scheint mir daher sehr erklärlich, daß mit dem Eintreten eines solchen Zustandes die Fruchtbarkeit des Bodens abnehmen muß, und daß dieser Zustand bis zu einem gewissen Grade schon eingetreten sein kann, ehe sich derselbe in dem äußeren Aussehen der Ackerkrume auf eine auffallende Weise kund giebt.

Es möchte aber zur Erhöhung des hier in Rede stehenden nachtheiligen Einflusses des Kalkes oder Mergels auch noch ein durch die Gegenwart des Kalkes veranlaßter chemischer Prozeß beitragen. Der Kalk hat eine sehr starke Verwandtschaft zu der Kieselsäure, eine große Neigung mit der letzteren eine feste chemische Verbindung einzugehen; wir sehen diese Eigenschaft thätig bei dem Festwerden und der allmähligen Versteinerung des Mörtels, besonders des Wassermörtels. Ganz dieselbe chemische Thätigkeit, welche der Kalk im Mörtel äußert, muß auch in der Ackerkrume stattfinden, denn alle erforderlichen Stoffe und Bedingungen sind hierzu in der letzteren vorhanden. Wenn der gebrannte Kalk mit den Bestandtheilen des Bodens in Berührung kommt, so wird er hier zunächst und sehr bald mit der in Wasser entweder an sich schon unter gewissen Umständen oder doch in Verbindung mit den fixen Alkalien auflöslichen Kieselsäure sich verbinden und dadurch die letztere in einen festen unlöslichen Zustand übergeführt werden. In dem Falle nun, daß die Menge der Kieselsäure, welche hierdurch aus dem Bereiche der von den Pflanzen mittelst ihrer Wurzeln aufnehmbaren Stoffe ausgeschlossen wird, beträchtlicher ist als diejenige, welche entweder aus dem gewöhnlichen Dünger, bei dessen Fäulniß, oder in Folge des stets in der Ackerkrume thätigen Verwitterungsprozesses wiederum frei und auflöslich wird, muß auch der Gehalt des Bodens an auflöslicher Kieselsäure abnehmen, und mit dieser fortdauernden Abnahme nach kürzerer oder längerer Zeit ein Zeitpunkt eintreten, wo nicht mehr hinreichend lösliche Kieselsäure vorhanden ist, um eine üppige Getreideernte mit diesem den Halmfrüchten insbesondere in so großer Menge nöthigen Nahrungsstoffe zu versorgen. Je größer die Quantität des Kalkes war, welche auf einmal dem Boden beigemischt wurde, desto leichter muß der hier angedeutete Zustand in der Ackerkrume sich heranbilden können. Hierzu kommt noch, daß der so entstandene kieselsaure Kalk, in Verbindung wahrscheinlich mit Thon und chemisch gebundenem Wasser in einer gewissen Tiefe der Ackerkrume, wo diese von den Ackerinstrumenten nicht mehr aufgelockert, also auch mittelst der letzteren nicht mechanisch zerpulvert wird, wahrscheinlich zu der Bildung einer allmählig an Dicke immer zunehmenden erhärteten Schicht einer mörtelartigen Masse Veranlassung giebt, wodurch der Untergrund seine durchlassende und wassersaugende Kraft verliert, und der Boden selbst, wie aus der vorher angedeuteten Ursache, zum Anbau von Halmfrüchten weniger geeignet wird und auch für die Cultur des Klees

Bildung von kieselsaurem Kalke im Boden.

und der tiefwurzeligen Blattfrüchte überhaupt eine ungünstigere Beschaffenheit annimmt.

Verhalten der kohlensauren Kalkerde gegen kieselsaures Alkali.

Die hier zunächst auf den gebrannten Kalk bezogene chemische Thätigkeit, kommt ebenfalls, wenn auch nicht im gleich hohen Grade dem ganz fein gepulverten oder zertheilten kohlensauren Kalke zu, wie solcher in dem gewöhnlichen Mergel auftritt. Tränkt man z. B. ein Stückchen weicher Kreide mit einer Auflösung von kieselsaurem Kali, so wird nach einiger Zeit die Kreide sich mit einer steinartigen Schicht umzogen haben, welche in Wasser sich nicht auflöst, die Kreide hat seine abfärbende Eigenschaft verloren, es hat sich eine mehr oder weniger starke Schicht von kieselsaurem Kalke gebildet, während das vorher mit der Kieselsäure verbundene Kali jetzt mit der Kohlensäure der Kreide vereinigt in Wasser sich leicht auflöst und sehr bald aus dem kieselsauren Kalke ausgewaschen werden kann. Dieser Versuch zeigt recht deutlich die Wechselwirkung, welche auch im Ackerboden stattfinden muß zwischen dem Aetzkalke oder dem feinzertheilten kohlensauren Kalke und der auflöslichen Kieselsäure, eine Wechselwirkung, welche gar wohl nach und nach zu einer merklichen Verminderung der Fruchtbarkeit beitragen kann. Der durch die Erfahrung bewiesene zuweilen nachtheilige Einfluß des Kalkes und Mergels aber möchte gar sehr uns anempfehlen, diese Düngung auf unseren Feldern mit der nöthigen Vorsicht anzuwenden, damit daraus nicht uns selbst oder den nachkommenden Geschlechtern ein empfindlicher Nachtheil erwachse.

4. Die Düngung mit Magnesia.

Vorkommen der Magnesia in der Natur.

Das Düngen der Felder mit reiner Magnesia oder reiner kohlensaurer Magnesia wird nirgends im Großen ausgeführt werden können, weil eine solche Düngung, wenn auch überhaupt davon ein Vortheil zu erwarten wäre, wegen des seltenen Vorkommens dieser Substanz zu kostspielig sein würde. Dagegen tritt die Magnesia sehr häufig in der Natur zugleich mit der Kalkerde auf, entweder mit dieser in chemischer Verbindung, wie im Dolomit, oder auch nur in mechanischer Mischung, wie in vielen Kalksteinen, welche manchmal $^1/_3$ bis fast $^1/_2$ ihres Gewichtes an kohlensaurer Magnesia enthalten und durch diesen Gehalt die Eigenschaft annehmen, nach dem Brennen bei dem Löschen mit Wasser nicht stark sich zu erhitzen und mehr oder weniger leicht in Berührung mit Wasser zu einem Pulver zu zerfallen, ohne, wie der reine Kalk,

einen fetten, zähen Brei zu bilden. Es ist oftmals die Frage aufgeworfen worden, ob die Magnesia als Düngmittel schädlich oder nützlich für das Gedeihen der Pflanze wirke, und diese Frage hat man zu Gunsten der einen Ansicht sowohl als der anderen beantwortet.

Es ist nicht wahrscheinlich, daß die Magnesia, wie sie in der Natur vorkommt, in Verbindung mit Kohlensäure und gemengt mit kohlensaurem Kalke irgendwie nachtheiligen Einfluß auf die Vegetation ausübe, denn wir sehen in den Gegenden, wo Dolomitgebirge auftreten, daß die sie bedeckende Ackerkrume, unter sonst gleichen Umständen, keine geringere Fruchtbarkeit besitzt, als diejenige, welche auf reinem Kalksteine lagert, ungeachtet die erstere bedeutende Mengen von Magnesia in sich aufgenommen hat, welche der letzteren fehlen. In den Gegenden, wo unfruchtbare Magnesia-Terrains vorkommen, ist es nicht die Magnesia, welche die Unfruchtbarkeit bedingt und verursacht, sondern die sonstige mangelhafte physikalische und chemische Beschaffenheit der Ackerkrume, genau ebenso, wie unter ähnlichen Verhältnissen in den Kalk-Terrains dieselben Erscheinungen auftreten.

Wirkung der kohlensauren Magnesia auf die Vegetation.

Im Gegentheil muß ein gewisser Gehalt von Magnesia in jeder fruchtbaren Ackerkrume enthalten sein, denn alle Pflanzen nehmen eine größere oder geringere Menge von dieser Substanz in ihren Organismus auf, welche, wie es scheint, namentlich in einzelnen Theilen der Pflanze, keineswegs vollständig durch Talkerde ersetzt und vertreten werden kann; auch ist die Magnesia ein in der Natur so sehr verbreiteter Stoff, daß es fast keine Ackererde giebt, welche nicht ziemlich beträchtliche Quantitäten davon enthielte. Es muß also unter den geeigneten Umständen die Magnesia sogar günstig auf das Wachsthum der Pflanzen einwirken. Jedoch ist hierbei gar sehr der physikalische Zustand zu beachten, in welchem die Talkerde sich befindet. Wir haben hier bisher nur die Art des Vorkommens der Magnesia im Auge gehabt, welche in dem rohen Kalksteine, im Dolomite oder in dem Mergel vorhanden ist, aus welchen Verbindungen diese Substanz in die Zusammensetzung der Ackerkrume eingehen kann. Ganz anders verhält es sich mit der künstlich dargestellten kohlensauren Magnesia, welche in physikalischer Hinsicht eine beträchtliche Verschiedenheit zeigt von der in der Natur auftretenden, indem jene eine sehr weiche voluminöse, leichte Masse bildet, während diese in der Form eines ziemlich schweren Pulvers, ähnlich wie die kohlensaure Kalkerde in dem Mergel sich darstellt. Die künstlich bereitete kohlensaure Magnesia kann niemals eine Bedeutung als Düngmittel

gewinnen; jedoch ist es interessant ihre Wirkung auf die Entwicklung der Gewächse kennen zu lernen, weil aus dieser Kenntniß sich vielleicht allgemeinere Folgerungen ergeben werden. Ich setzte zu einem aus reinem, kiesigen, völlig humusfreien Sande gebildeten Boden, welcher vorher auf einer Fläche von 3 bis 4 Quadratfuß mit etwa 250 Grm. Holz- und Torfasche vermischt worden war, noch außerdem 32 Grm. käuflicher Magnesia, während zur Vergleichung eine gleich große Fläche ohne Beimischung von Magnesia blieb. Diese Versuchsstücke wurden theils mit Spergel, theils mit Sommerroggen besäet und die Erntegewichte genau bestimmt. Bei dem Spergel wurde ganz deutlich eine Verschlechterung der Ernte durch die Talkerde bewirkt; denn es verhielt sich das Heu des Spergels in beiden Versuchen, wie 19 zu 14,5 und die Samenkörner wie 9 zu 6,6; dagegen war das Gedeihen des Sommerroggens durch die Magnesia keinesweges gehindert worden, denn die Ernte desselben verhielt sich wie 32,8 zu 34,3. Die Ursache dieser Resultate kann nicht darin gesucht werden, daß die eine Pflanze eine größere Menge von Magnesia in ihren Organismus aufnehme, als die andere, denn der Gehalt des Spergels an diesem Stoffe ist verhältnißmäßig viel größer, als der des Roggens, ungeachtet bei der ersteren Pflanze eine offenbar nachtheilige Einwirkung der Magnesia sich herausstellte. Es liegt vielmehr die Ursache dieser Erscheinung ausschließlich in der durch die Magnesia bewirkten Veränderung der physikalischen Beschaffenheit des Bodens. Ich bemerkte nämlich, daß die überaus lockere und voluminöse kohlensaure Magnesia eine bindende, zusammenleimende Wirkung auf den etwas thonhaltigen Kies äußerte, wenigstens verhärtete die obere Schicht desselben bei dem Austrocknen in einem deutlich höheren Grade, als bei Abwesenheit der Magnesia der Fall war. Aus dieser zeitweisen Verhärtung ist für die Entwicklung einer so saftigen Pflanze, wie der Spergel ist, ein mechanischen Hinderniß erwachsen und dadurch eine Verminderung der Ernte bewirkt worden. Indessen halte ich es nicht für unwahrscheinlich, daß zugleich mit der angedeuteten Wirkung auch eine Art chemischer Thätigkeit wirksam auftritt, welche darin bestehen möchte, daß die so sehr lockere und voluminöse Magnesia, welche hier in Anwendung kam, durch das kohlensäurehaltige Wasser in größerer Menge aufgelöst wurde, als die freilich auch feinpulverige aber doch härtere und compactere kohlensaure Kalkerde, und dadurch eine Auflösung mit den Wurzeln der Pflanze in Berührung gebracht wurde, welche in dieser Beschaffenheit von denselben

nicht absorbirt werden konnte und daher für die Vegetation selbst von nachtheiligem Einfluß sein mußte, indem sie die naturgemäße Thätigkeit der Wurzelorgane lähmte. Da die Halmfrüchte überhaupt gegen die Mineralstoffe eine gleichsam zähere und mehr abgehärtete Natur besitzen, so war bei diesen auch kein schädlicher Einfluß der Magnesia zu verspüren. Auch ältere Versuche, in welchen reine kohlensaure Magnesia über Grasland und über Saaten von Weizen und Gerste ausgestreut wurde, so daß die Oberfläche ganz weiß war, haben gezeigt, daß die angeführten Pflanzen davon nicht den mindesten Nachtheil hatten.

Die hier beobachtete nachtheilige Wirkung der kohlensauren Magnesia auf gewisse Pflanzen ist also nicht die Folge einer direkt giftigen Eigenschaft der Magnesia, sondern nur in dem eigenthümlichen physikalischen Verhalten der angewendeten Verbindung begründet. Diese Thatsache wird ferner auch bestätigt durch die entschieden günstige Wirkung, welche man bei anderen Magnesiasalzen beobachtet hat.

Wirkung des Bittersalzes und des phosphorsauren Magnesia-Ammoniak auf die Vegetation.

Die Wirknng des Bittersalzes oder der schwefelsauren Magnesia auf verschiedene Pflanzen, so auf Gerste, Hafer, Buchweizen, Klee war, meinen hierüber angestellten Beobachtungen zufolge, durchweg eine günstige. Auch das phosphorsaure Magnesia-Ammoniak hat einen ganz vorzüglichen Einfluß auf die Vegetation ausgeübt, wie aus dem im Folgenden beschriebenen Versuche hervorgeht: Am 1. Mai brachte Boussingault fruchtbare Erde in mehrere irdene Töpfe, wovon jeder 15 Deciliter enthielt; diese Gefäße wurden in zwei Abtheilungen getheilt. Die Erde in jedem Gefässe der ersten Reihe wurde mit 16 Grammen phosphorsaurer Ammoniak-Mangesia vermischt und in dieselbe ein schon gekeimtes Samenkorn von frühem Mais hineingebracht. Alle Gefäße wurden ins freie Land gesetzt und, wenn es die Trockenheit erforderte, mit einer gleichen Menge Wasser begossen. In den ersten Tagen, welche dem Keimen folgten, zeigten die Pflanzen sämmtlich dasselbe Verhalten, dieselbe Kraft des Wachsthums. Dies dauerte jedoch nur bis zum 25. Tage, wo man eine Verschiedenheit zu bemerken begann, welche sich von diesem Zeitpunkte an hielt. Am 25. Juli hatten die Pflanzen der ersten Reihe, diejenigen, welche das Phosphat erhalten hatten, eine doppelte Höhe und einen dreifachen Durchmesser des Mais, welcher in unvermischter Erde gewachsen war. Am 25. August waren diese Verhältnisse nicht mehr ganz dieselben; der Mais der ersten Reihe hatte die anderthalbfache Höhe und die doppelte Stärke des Mais der zweiten Reihe. Alle Pflanzen blühten und entwickelten Aehren zu derselben

Zeit. Diejenigen, welche sich unter dem Einfluß des Doppelsalzes entwickelt hatten, trugen zwei vollständige und eine fehlgeschlagene Aehre; die anderen erhielten eine vollständige und eine fehlgeschlagene Aehre. In dieser letzten Entwicklung befand sich übrigens in demselben Jahr der im freien Land gebaute Mais ganz allgemein (im Elsaß). Die Körner der erstern Pflanzen wogen im Verhältniß zu denen der letzteren, wie $2^1/_4$ zu 1. Die günstige Wirkung der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia unter den hier angedeuteten Verhältnissen ist offenbar theils der Gegenwart von Ammoniak und Phosphorsäure, theils auch dem Umstande zuzuschreiben, daß das angeführte Salz eine Eigenschaft besitzt, welche auch dem Gips zukommt und für seine Anwendung sehr wichtig ist, nämlich eine sehr geringe Auflöslichkeit. Es ergiebt sich aber auch das aus diesem Versuche, was hier zu beweisen war, nämlich, daß die Magnesia an sich keineswegs schädlich auf die Vegetation einwirkt, und daß, wo ein solcher Einfluß bei einer Magnesiaverbindung sich kund giebt, dieser nicht der chemischen Zusammensetzung der letzteren, sondern jedenfalls ihren äußeren Eigenschaften zuzuschreiben ist.

Verhalten des gebrannten Magnesiakalksteins als Düngmittel.

Die kohlensaure Magnesia verliert in der Glühhitze ihre Kohlensäure weit leichter als der kohlensaure Kalk; wenn also ein magnesiahaltiger Kalkstein gebrannt wird, so wird zuerst die Magnesia ätzend oder kaustisch, während die Kalkerde erst bei einer höheren Temperatur in diesen Zustand übergeht. Wenn aber ein solcher Kalkstein, nachdem er gebrannt und an der Luft zu Pulver zerfallen ist, als Düngmittel angewendet wird, so bleibt die Magnesia im Boden länger im kaustischen Zustande zurück, als die Kalkerde; denn die letztere hat eine weit größere Begierde mit Kohlensäure sich zu verbinden und dadurch in den sogenannten milden Zustand überzugehen als die erstere, und so lange nicht die ganze Menge der Kalkerde mit Kohlensäure sich verbunden hat, wird die Magnesia in ihrem isolirten Zustande im Boden zurückbleiben. Es ist nun möglich, daß die kaustische Magnesia, trotz ihrer schwach alkalischen Reaction und ihrer geringen Auflöslichkeit (bei gewöhnlicher Temperatur in 5760 Theilen Wasser) diese doch schon ausreicht, um schädlich auf gewisse Pflanzen einzuwirken, wenn nicht große Mengen organischer, humusartiger Substanzen im Boden enthalten sind, die durch ihre Zersetzung eine hinreichende Quantität von Kohlensäure liefern, um die kaustische Magnesia, ehe sie noch schädlich einwirken kann, in den milden Zustand überzuführen. In einem reichen, humosen Boden oder bei Gegenwart von einer beträchtlichen

Quantität animalischen und vegetabilischen Düngers wird stets ein magnesia-haltiger Kalkstein auch im gebrannten Zustande, ohne irgend einen Nachtheil angewendet werden können, im Gegentheil fast denselben günstigen Erfolg äußern, als wenn ein völlig reiner Kalk in Anwendung gekommen wäre.

5. Die Düngung mit gebrannten Thon.

Vor reichlich 20 Jahren wurde die Anwendung des gebrannten Thones als Düngmittel sehr lebhaft empfohlen und einige Schriftsteller gingen sogar so weit zu behaupten, daß man mit Hülfe desselben den gewöhnlichen Mist und alle anderen Düngerarten entbehrlich und überflüssig machen könnte. Diese übertriebenen Behauptungen gaben zu der Ausführung einer Reihe von Versuchen die Veranlassung, um Aufklärung darüber zu erlangen, ob diese Art der Düngung irgend einen günstigen Erfolg zeige, und wenn dieses der Fall sei, bis zu welchem Grade die Wirkung sich erhebe. Obgleich die Thondüngung keine weite Verbreitung gefunden hat und auch wohl wegen ihrer nur unter gewissen Bodenverhältnissen eintretenden und überhaupt nur geringen Wirksamkeit, niemals finden wird, so halte ich es doch für nöthig, die Resultate der hierüber angestellten Versuche kurz mitzutheilen und daran die, meiner Ansicht nach, wahrscheinlich richtige Theorie der Thondüngung anzuschließen.

Die von Lampadius mit verschieden Früchten angestellten und mehrere Jahre hinter einander fortgesetzten Versuche lieferten für die Umgegend von Freiberg, im sächsischen Erzgebirge, das Resultat, daß „leicht gebrannter und gepochter Thon und Lehm, oder das Mehl mürber, nicht zu hart gebrannter Ziegeln in Verbindung mit Mistdüngung ausgezeichnete Unterstützungsmittel für Feld- und Gartenbau sind, aber keineswegs andere Düngungen mit Mist, Kalk, Mergel und dgl. entbehrlich machen. Durch die Anwendung dieser Mittel kann der Landwirth dahin gelangen, eine größere Fläche anzudüngen und dadurch den Ertrag seiner Fluren zu vermehren, mehr Futterkräuter zu erbauen und den Viehstand zu erhöhen. Eine Ackerfläche, welche gewöhnlich mit 50 zweispännigen Fudern gemischten Stalldüngers angedüngt wird, kann mit nur 25 Fudern des letzteren und mit 20 bis 25 Dresdner Scheffeln Thon und Ziegelmehl versehen werden.“ Resultate der Versuche mit Thondüngung.

Der gebrannte Thon kann den Stalldünger nicht ersetzen.

Ich habe nicht die Absicht die Richtigkeit der Resultate dieser Versuche anzugreifen, jedoch muß ich zur näheren Beleuchtung der Umstände, unter welchen dieselben ausgeführt wurden, bemerken, daß Freiberg eine offene, dem Zutritt der Winde preisgegebene Lage hat und überhaupt einem kalten Klima ausgesetzt ist, ferner daß der Boden wahrscheinlich ein aus dem dort allgemein verbreiteten Gestein entstandener sogenannter Gneisboden war mit nur geringer Tiefe der Ackerkrume und endlich, daß die Wirkung der Thondüngung nur etwa 6 Jahre hindurch oder nicht einmal so lange, nur während der Dauer eines einzigen Fruchtumlaufes verfolgt wurde. Das günstige Resultat dieser Versuche läßt sich nicht wegläugnen, ich behaupte aber, daß unter anderen Boden- und klimatischen Verhältnissen die Wirkung eine geringere gewesen sein, daß der Erfolg bei fortgesetzter Anwendung dieses Düngmittels in den angewendeten Mengenverhältnissen immer niedriger sich herausstellen würde, und endlich, daß man keineswegs als allgemein richtig behaupten kann, 25 Fuder des gewöhnlichen Mistes könnten in ihrer Wirkung durch 20 bis 25 Scheffel des Ziegelmehles ersetzt werden, denn die Wirkung des letzteren ist nur eine relative, keine absolute, und dasselbe ist niemals im Stande ein anderes in seinen Bestandtheilen so sehr verschiedenartiges Düngmittel in jeder Hinsicht zu ersetzen. Die Richtigkeit dieser Behauptungen und überhaupt die Ursache der unter gewissen Verhältnissen deutlich günstigen Wirkung des gebrannten Thones will ich in dem Folgenden nachzuweisen versuchen.

Ursachen der Wirkung des gebrannten Thones.

Man hat früher die Wirkung des gebrannten Thones zum Theil dadurch zu erklären gesucht, daß man ihm eine direkt ernährende Kraft für die Pflanze zuschrieb; es wurden nämlich, wie man glaubte durch das gelinde Brennen die Bestandtheile des Thones löslicher und und dadurch geschickter durch die Wurzelfasern aufgenommen zu werden. So fand man z. B. in dem rohen Lehm nur 0,20 Proc. löslicher Salze, während der gebrannte deren 0,30 Proc. hergab. Eine so geringe Vermehrung der auflöslichen Mineralstoffe aus dem Thon kann unmöglich einen merklichen Einfluß auf die Vermehrung der Ernten geäußert haben, zumal wenn man bedenkt, daß man den Mineralverbindungen in den meisten Düngmitteln, welche neben dem animalischen Hauptdünger in Anwendung kommen, überhaupt nur eine sehr geringe direkte Bedeutung für das Gedeihen der Pflanzen zuschreiben kann. Ich sehe vielmehr die günstige Wirkung des Thones allein in der durch ihn ver-

anlaßten Verbesserung des mechanischen Zustandes der Ackerkrume begründet; sowie in seinem Verhalten gegen die schon vorhandenen pflanzenernährenden Bestandtheile des Bodens und der atmosphärischen Luft.

Physikalische Eigenschaften des gebrannten Thones.

Der gebrannte Thon muß auf die Verbesserung der physikalischen Beschaffenheit einer an sich schon lockeren, seichten, wenig humosen Ackerkrume einen günstigen Einfluß äußern, zumal wenn ein rauhes Klima und namentlich austrocknende und düngerzehrende Winde auf ein dergleiches Terrain einwirken. Das fein gepulverte Ziegelmehl wirkt unter solchen Verhältnissen, ähnlich wie der Humus und der ungebrannte Thon, auf die Erhöhung der wasserhaltenden und besonders auch der aus der Luft Feuchtigkeit anziehenden Kraft des Bodens, ohne jedoch in dem letzteren die Kälte und Zähigkeit zu vergrößern und ihn geneigt zu machen zur Ansammlung von stockender Nässe, alles Eigenschaften, wie sie bei Gegenwart zu großer Mengen von Humus und gewöhnlichem Thon im Gebirgsboden leicht sich einstellen und hier unter einem rauhen Klima ganz besonders vermieden werden müssen. Der gebrannte Thon bewirkt aber auch, ähnlich wie der gebrannte Kalk, daß der Boden befähigt wirkt, unter dem Einflusse des Sonnenlichtes eine höhere Temperatur anzunehmen und im Frühjahr leichter auszutrocknen, wodurch er wiederum der Frühjahrsbestellung leichter und schneller zugänglich wird, und zwar äußert sich dieser Einfluß, ohne daß zu gleicher Zeit der unter den angegebenen Verhältnissen häufig mit der Kalkdüngung verbundene Nachtheil sich einstellt, daß nämlich Dünger und Humus schnell verzehrt werden und namentlich der Boden eine zu lockere, staubartige und zu wenig wasserhaltende Beschaffenheit annimmt. Wenn in dieser Verbesserung des physikalischen Zustandes der Ackerkrume die Hauptwirkung des gebrannten Thones zu suchen ist, so wird offenbar der vortheilhafte Einfluß dieses Düngmittels fortwährend unbedeutender werden, je mehr die Beschaffenheit der Ackerkrume sich dem Zustande nähert, der überhaupt mit Hülfe der angeführten Substanz erreicht werden kann und endlich gänzlich aufhören, wenn dieser Zustand selbst erreicht worden ist. Man kann deswegen die Höhe der Wirkung dieses Stoffes, selbst nach vorliegenden, aber nur auf die Dauer weniger Jahre sich erstreckenden Versuchen, nicht für alle Zeiten feststellen, da die Wirkung bei der fortgesetzten und wiederholten Anwendung sich immer niedriger herausstellen wird, und durchaus nicht mit der Wirkung des gewöhnlichen Mistes verglichen werden kann.

Es ist hier aber auch eines anderen Verhaltens des gebrannten

Absorption gasförmiger Stoffe durch den gebrannten Thon.

Thones Erwähnung zu thun, welches sich auf die Ansammlung und das Zurückhalten gewisser Bestandtheile der Ackerkrume und der atmosphärischen Luft bezieht und wodurch ebenfalls, wie es scheint die günstige Wirkung dieses Körpers auf die Entwicklung der Pflanzen erhöht werden möchte. Der Thon nimmt bekanntlich durch das schwache Brennen eine poröse Beschaffenheit an, wodurch er die Fähigkeit erlangt, in nicht unbedeutender Menge die im Erdboden enthaltene oder in der Atmosphäre verbreitete Feuchtigkeit zu absorbiren und mit derselben zugleich das in derselben aufgelöste Ammoniak in sich aufzunehmen und zurückzuhalten. Zu dieser Eigenschaft, zur Ansammlung des Ammoniaks im Boden beizutragen, steht aber eine Erhöhung der Fruchtbarkeit des Bodens in naher Beziehung.

In schweren Bodenarten ist die Kalkdüngung der Thondüngung vorzuziehen.

Ich habe angeführt, daß ich die Düngung mit gebranntem Thon vorzugsweise bei den leichteren Bodenarten vortheilhaft finde, bei schweren und zähen Bodenarten jedoch weniger ökonomisch, obgleich auch in den letzteren der physikalische Zustand durch dieses Mittel eine Verbesserung erleiden wird, indem auf diese Weise der Boden eine größere Auflockerung und damit überhaupt eine größere Fruchtbarkeit erhält. Für diesen Zweck wird man aber, wie ich glaube mit weit größerem Erfolge die Kalkdüngung anwenden, da durch diese der gewünschte Zweck schon bei Aufbringung einer ungleich geringeren Quantität errreicht wird, als bei der Anwendung des gebrannten Thones und außerdem der letztere sich wohl leicht mit den Bestandtheilen einer an sich schon lockeren Ackerkrume mengen läßt, seine innige und vollständige Mischung dagegen in einem sehr zähen und thonigem Boden nur äußerst schwierig zu bewerkstelligen ist.

Inhalt

des ersten Bandes.

Zweiter Theil.

Spezieller Theil der Naturwissenschaft des Ackerbaues.

Erste Abtheilung.

Weitere Entwicklung der naturgesetzlichen Grundlagen des Ackerbaues u. Unterstützung der Wissenschaft durch die praktische Erfahrung.

Erster Abschnitt.

Zusammensetzung und Eigenschaften der Ackerkrume nebst den äußeren Einflüssen auf deren Gestaltung.

Druck von Otto Wigand in Leipzig.